



Воронежский государственный университет
Факультет географии, геоэкологии и туризма

Русское географическое общество
Воронежское областное отделение

*Посвящается 90-летию создания
факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ*

География, экология, туризм: новые горизонты исследований

*Материалы Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием*

(Воронеж, 10–12 октября 2024 года)

Том 1

Воронеж
Издательский дом ВГУ
2024

УДК 911+502/504+ 379.85
ББК 26.8
Г35

*Печатается по решению ученого совета факультета географии, геоэкологии и туризма
Воронежского государственного университета от 31.08.2024*

Редакционная коллегия:

кандидат географических наук, доцент *Л.М. Акимов*;
кандидат географических наук, доцент *О.П. Быковская*;
доктор биологических наук, профессор *О.В. Клепиков*;
доктор географических наук, профессор *С.А. Куролан*;
кандидат географических наук, доцент *Р.Е. Rogozина*;
кандидат географических наук, доцент *С.В. Федотов*

География, экология, туризм : новые горизонты исследований : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию создания факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ, Воронеж, 10–12 октября 2024 года : в 3 т. / редкол.: Л.М. Акимов, О.П. Быковская, О.В. Клепиков [и др.] ; Воронежский государственный университет ; Воронежское областное отделение Русского географического общества. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2024.
ISBN 978-5-9273-4046-0
Т. 1. – 460 с.
ISBN 978-5-9273-4047-7

Настоящий сборник включает статьи отечественных и ряда зарубежных ученых, связанных с обсуждением научных и учебно-методических вопросов региональных исследований в области ландшафтоведения, социально-экономической, рекреационной географии и туризма, гидрометеорологии, природопользования, геоэкологии, медицинской географии, геоинформационных технологий и вопросов подготовки кадров в сфере географии, экологии и туризма.

Содержание статей, объединенных в тематические разделы, охватывает широкий круг проблем.

Том 1: 1) региональные ландшафтные исследования и ландшафтное планирование, 2) мониторинг окружающей среды и адаптация к изменениям климата, 3) эколого-географические проблемы водопользования, 4) проблемы сохранения биоразнообразия, охраны почвенного покрова и землепользования;

Том 2: 5) региональные социально-экономические исследования и территориальное планирование, 6) рекреационная география, страноведение и туризм;

Том 3: 7) геоэкология, урбоэкология и экогеохимия ландшафтов, 8) экология человека, экологические риски и медицинская география, 9) геоинформационные технологии и дистанционное зондирование в науках о Земле; 10) образовательная среда и проблемы подготовки кадров в сфере географии, экологии и туризма.

В конференции примут участие ученые из различных регионов России, а также представители Азербайджана, Беларуси, Боснии и Герцеговины, Вьетнама, Италии.

Издание адресовано широкому кругу специалистов в области теоретических и прикладных вопросов современной географии, гидрометеорологии, экологии и природопользования, рекреационной географии и туризма.

УДК 911+502/504+ 379.85
ББК 26.8

© Воронежский государственный университет, 2024
© Воронежское областное отделение
Русского географического общества, 2024
© Оформление. Издательский дом ВГУ, 2024

ISBN 978-5-9273-4047-7 (Т. 1)
ISBN 978-5-9273-4046-0

ПРЕДИСЛОВИЕ

Факультет географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета (ВГУ) – один из старейших факультетов ВГУ, был основан в 1934 году и в 2024 году отмечает свой 90-летний юбилей. Современный факультет сложился как крупнейший в России центр подготовки высококвалифицированных кадров в области географических наук. Общероссийскую и мировую известность факультету создали выдающиеся ученые: физико-географы **Б.П. Дитмар** и **Ф.Н. Мильков**; экономико-географы **К.Н. Миротворцев** и **Г.Т. Гришин**; гидролог **Н.П. Чеботарев**, климатологи **А.В. Шипчинский** и **С.И. Костин**, заложившие основы фундаментального географического образования, определяющего современный облик факультета. Факультет сохраняет свою уникальность, оставаясь единственным в университете учебно-научным подразделением, образовательная структура которого строится на органичном синтезе естественных и общественных наук.

Факультет осуществляет подготовку специалистов полного цикла по четырем уровням образования: среднее профессиональное образование (специальности: картография, экологическая безопасность природных комплексов, туризм и гостеприимство), бакалавриат и магистратура по направлениям «География», «Экология и природопользование», «Туризм», а также аспирантура по географическим наукам. Все специальности и направления аккредитованы. Активно реализуется ряд программ дополнительного образования для выпускников и специалистов-практиков: «преподаватель географии», «прикладная геодезия», «кадастровая деятельность», «лаборант химического анализа», «экскурсовод (гид)». При факультете работает Воронежский региональный центр развития школьного географического образования, активно функционирует Воронежское областное отделение Русского географического общества, осуществляется издание периодического журнала «Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геоэкология», включенного в перечень ВАК РФ и цитатно-аналитическую базу данных RSCI.

Разностороннее гуманитарное образование с углубленным изучением педагогики, иностранных языков, основ экологического права и геоинформационных технологий позволяет выпускникам успешно конкурировать на современном рынке труда. Развивая традиции всемирно известной воронежской ландшафтной школы, факультет активно работает в современных научных направлениях, ориентированных на исследование ландшафтно-экологического и природно-ресурсного потенциала Центрального – Черноземья, территориальную организацию хозяйства в регионе, эколого-географические основы рационального природопользования, экологическую гидрометеорологию, экологию человека, рекреацию и туризм. Сохраняя образовательное и научное лидерство среди аналогичных учебных подразделений классических университетов России, факультет является одним из ведущих центров географической культуры, обеспечивая фундамен-

тальность, преемственность и устойчивое развитие отечественного эколого-географического образования и образования в сфере туризма.

Настоящий сборник (в 3-х томах) включает статьи участников научно-практической конференции, посвященной юбилею факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ и отражающей широкий спектр исследований в области современной географии, экологии и природопользования, рекреационной географии и туризма. Основные исторические вехи развития факультета, становления и функционирования его базовых кафедр, приоритетные направления научных исследований отражены в заглавных статьях 1 (В.Б. Михно, О.П. Быковская), 5 (Р.Е. Рогозина), 6 (С.В. Федотов) и 7 (С.А. Куролап) разделов сборника. Цель конференции – обсуждение актуальных теоретических и прикладных аспектов научных исследований, образовательных технологий и проблем подготовки кадров в сфере географии, экологии и туризма для определения приоритетов и «новых горизонтов развития» в современных условиях.

Первый том материалов конференции посвящен исследованиям в области физической географии, гидрометеорологии, биогеографии и географии почв. **Второй том** включает статьи по региональным социально-экономическим проблемам, рекреационной географии и туризму. **Третий том** посвящен вопросам геоэкологии и природопользования, урбоэкологии, экологии человека и медицинской географии, а также современным геоинформационным технологиям, дистанционным методам исследования Земли и проблемам подготовки кадров в сфере географии, экологии и туризма.

Редакционная коллегия

РАЗДЕЛ 1. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЛАНДШАФТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

К 90-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ЛАНДШАФТА ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

В.Б. Михно, О.П. Быковская
drumlina2012@yandex.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Кафедра физической географии и оптимизации ландшафта (до 1994 года кафедра физической географии) была организована в 1934 году на вновь созданном географическом отделении геолого-географического факультета Воронежского университета. Статус самостоятельного факультета отделение получило в 1938 году.

Первым заведующим кафедрой стал известный географ-геоморфолог Борис Петрович Дитмар (1878-1948). Он окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета по физической географии (1906 г.), кандидат географических наук, профессор (1935), ученик Д.Н. Анучина. С 1934 по 1939 г. он заведует кафедрой физической географии Воронежского университета, уделяя основное внимание подготовке специалистов-географов. Вместе с тем Б.П. Дитмар проводит геолого-геоморфологические наблюдения в пределах ЦЧО, результаты которых нашли отражение в статьях, опубликованных им в Известиях ВГПИ.

С 1939 по 1950 г. должность заведующего кафедрой занимал Иван Николаевич Ежов (1907 г.р.) – талантливый педагог, ученый-геоморфолог, доктор географических наук, профессор (1957 г.), работавший в Воронежском университете до 1965 года и опубликовавший за весь предшествующий период научной деятельности 37 работ (преимущественно статьи и отдельные главы коллективных монографий).

И.Н. Ежову выпала нелегкая судьба – руководить кафедрой в предвоенный, военный и послевоенный (восстановительный) период. Во время эвакуации факультета в г. Елабугу (Татарстан) прилагает много усилий для сохранения кафедры (факультета). После окончания войны начинает активно заниматься геоморфологическими исследованиями ЦЧО. Главное внимание им уделяется изучению элементов и форм рельефа, рельефообразующих факторов и геоморфологических процессов. Его докторская диссертация была посвящена основным вопросам геоморфологии ЦЧО.

В ранний период работы кафедры были заложены основы методологии и методики региональных физико-географических исследований. Наибольшее значение в это время придавалось геоморфологическим наблюдениям, составлению геолого-геоморфологических характеристик ключевых участков ЦЧО.

В 1950 г. кафедру возглавил доктор географических наук, профессор Федор Николаевич Мильков (17.02.1918 – 15.10.1996) – выдающийся географ, внесший огромный вклад в развитие физической географии и ландшафтоведения. В его работах рассмотрен значительный круг вопросов теории, методологии и практики географической науки. Новизна идей Ф.Н. Милькова снискала повышенный интерес к его трудам не только физико-географов и ландшафтоведов, но и специалистов смежных с географией наук. Сформули-

рованные им концепции о ландшафте, ландшафтной сфере Земли, контрастности природных сред, структурно-динамической организации ландшафтов, парагенетических и парадинамических ландшафтных системах, антропогенных ландшафтах, физико-географическом районировании, ландшафтном картографировании и оптимизации ландшафтов существенно повлияли на развитие географической мысли, раскрыли новые возможности рационального использования и управления природной средой. Его идеи носят прогрессивный характер, не утратили своей актуальности, успешно реализуются при решении целого ряда современных теоретических и прикладных задач ландшафтной географии.

Научное наследие Ф.Н. Милькова насчитывает около 500 публикаций, в том числе свыше 50 его личных и коллективных монографий, целый ряд научных статей и рецензий, учебники и учебные пособия. Его учениками защищено 7 докторских и 21 кандидатская диссертация.

Под руководством Ф.Н. Милькова кафедра превращается в местный научный центр по вопросам физико-географического районирования и ландшафтного типологического картирования. Ф.Н. Мильков организует многочисленные экспедиционные поездки по Черноземному Центру и прилегающим к нему территориям – Московской, Владимирской, Брянской, Саратовской и Вологодской областям. Много внимания он уделяет разработке новых методов комплексных ландшафтных исследований территорий. Кафедрой разворачивается разностороннее изучение природы Центрального Черноземья и смежных регионов.

С начала 50-х гг. коллектив кафедры приступает к крупномасштабному ландшафтному картированию и физико-географическому районированию центральных черноземных областей. С этой целью было предложено (Мильков Ф.Н., 1954) разграничивать региональные единицы физико-географического районирования (физико-географический район, провинция, зональная область, страна) от типологических единиц ландшафтного картирования (тип урочища, тип местности, тип ландшафта). «Рабочими» единицами ландшафтного картирования были избраны конкретные урочища и местности. В сборе полевого материала по ландшафтному картированию и физико-географическому районированию ЦЧО принимал участие коллектив кафедры: доценты И.Н. Ежов, Ф.В. Тарасов, В.Г. Елисеев и преподаватели Н.И. Ахтырцева, Г.Е. Гришанков, З.П. Бердникова, А.И. Нестеров.

Собранный полевой материал был обобщен в монографии Ф.Н. Милькова «Физико-географический район и его содержание» (1956), кафедральном сборнике «Вопросы ландшафтно-типологического картирования» (1959), двух картах масштаба 1 : 1000000: черно-белая «Карта типов местности и физико-географических районов центральных черноземных областей» (Саратов, 1959), цветная «Ландшафтно-типологическая карта Черноземного центра» (Саратов, 1962) и, наконец, в коллективной монографии «Физико-географическое районирование центральных черноземных областей» (1961).

Во второй половине 50-х – начале 60-х гг. с помощью аспирантов ландшафтное картирование было перенесено на отдаленные от ЦЧО регионы – Горный Крым (Г.Е. Гришанков), Западную Башкирию (Ф.А. Максютов), юг Западно-Сибирской равнины (В.И. Булатов), Ферганскую котловину (А. Абдулкасимов).

Разработанная на кафедре физической географии Воронежского университета методика ландшафтно-типологического картирования с выделением типов местности и урочищ получила широкое распространение. Она была использована впоследствии физико-географами Львовского, Харьковского, Черновицкого, Башкирского, Самаркандского, Казанского университетов и многих педагогических институтов.

Со второй половины 60-х гг. до конца периода в научно-исследовательской работе кафедры прослеживаются следующие направления.

Обоснование ландшафтной сферы Земли как сердцевины географической оболочки, служащей предметом изучения ландшафтоведения. Предложение о выделении ландшафтной сферы Земли было высказано еще в 1959 г. [Мильков Ф.Н., 1959]. В настоящее время в существовании ландшафтной сферы уже никто не сомневается; попытки некоторых авторов дать ей другое название («контактный слой», «ландшафтная оболочка» и др.) сути дела не меняет.

Прикладные аспекты физико-географического районирования и ландшафтно-типологического картирования. В рассматриваемый период выходит в свет теоретическая монография Ф.Н. Милькова «Ландшафтная география и вопросы практики» (1966) о значении комплексной физической географии для целей практики, составлена серия прикладных ландшафтно-типологических карт [Мильков Ф.Н., Дроздов К.А., Нестеров А.И., 1969]. Для студентов физико-географов впервые в нашей стране читается спецкурс «Основы мелиоративного ландшафтоведения» [Михно В.Б., 1977]. Подготовлено первое учебное пособие «Мелиоративное ландшафтоведение» [Михно В.Б., 1984. – 244 с.].

Установление третьей категории ландшафтов (наряду с региональными и типологическими единицами) – **парадинамических и, как частный случай, парагенетических комплексов-систем** (Мильков Ф.Н., 1966, 1977, 1981). В основе их обособления лежит принцип контрастности, связывающий с помощью обмена веществом и энергией смежные региональные или типологические комплексы.

Развитие основ антропогенного ландшафтоведения. Широкое признание получили выдвинутое на кафедре физической географии Воронежского университета предложение считать антропогенным ландшафтом как заново созданные человеком комплексы, так и все естественные ландшафты, в которых коренному изменению со стороны человека подвергается любой из их компонентов, в том числе и растительность с животным миром, а также разработанные здесь же принципы и методы изучения антропогенных ландшафтов (принцип природно-антропогенной совместимости, метод историко-генетических рядов и др.) (Мильков Ф.Н., 1973, 1978).

Создание ландшафтной страноведческой серии «Ландшафты Центрального Черноземья». За период с 1970 по 1985 г. кафедрой физической географии, с участием других кафедр географического и биолого-почвенного факультетов, подготовлены и опубликованы издательством Воронежского университета 14 книг общим объемом около 150 печ. л. серии «Ландшафты Центрального Черноземья»: «Галичья Гора» (1970), «Каменная степь» (1971), «Калачская возвышенность» (1972), «Подворонежье» (1973), «Окско-Донское плоскоместье» (1976), «Донское Белогорье» (1976), «Известняковый Север Среднерусской возвышенности» (1978), «Прихоперье» (1979), «Поосколье» (1980), «Поченье», (1982), «Долина Дона: природа и ландшафты» (1982), «Посеймье» (1983), «Природа и ландшафты Подворонежья» (1983), «Среднерусское Белогорье» (1985).

В серии в научно-популярной форме рассказывается о природе регионов (совпадающих в основном с физико-географическими районами) Центрального Черноземья с позиций современных достижений ландшафтной географии. Аналогов этой серии в отечественной литературе нет.

Взаимосвязи равнинного рельефа с ландшафтными комплексами. Тематика таких работ служит продолжением идей, положенных в основу статьи Ф.Н. Милькова о вертикальной дифференциации ландшафтов на Русской равнине.

География и характерные черты карстово-меловых ландшафтов. Интерес к ме-

ловому карсту был вызван его слабой изученностью и большим значением проявлений мелового карста для строительства прудов и промышленного строительства.

Обобщение теоретических идей, разработанных на кафедре физической географии на протяжении нового периода дано в монографиях Ф.Н. Милькова «Физическая география: современное состояние, закономерности, проблемы» (1981) и «Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность» (1986).

Современный период в истории кафедры характеризуется развитием ландшафтных идей и проведением ландшафтных исследований прикладной направленности, апробацией теоретических положений практикой, внедрением результатов ландшафтно-географических исследований в сферу природопользования и учебный процесс. Работу кафедры с 1988 по 2018 годы возглавил Владимир Борисович Михно - кандидат географических наук, доцент, защитивший в 1990 году в Московском государственном университете докторскую диссертацию и получивший в 1991 году звание профессора. С 2018 года кафедрой руководит кандидат географических наук, доцент Быковская Ольга Петровна.

В научно-исследовательской работе кафедры этого периода акцентируется внимание на развитии идей конструктивного ландшафтоведения. Особое значение придается решению проблем рационального природопользования и, прежде всего, оптимизации ландшафтов и экологического состояния Центрального Черноземья. На кафедре наметилось два основных направления научно-исследовательской работы: теоретические и прикладные аспекты оптимизации ландшафтов и ландшафтно-экологические исследования.

Теоретические и прикладные аспекты оптимизации ландшафтов тесно связаны с научными идеями Ф.Н. Милькова и разработкой на кафедре нового научного направления – мелиоративного ландшафтоведения (В.Б. Михно). При этом особое внимание уделяется разработке принципов и методов мелиорации ландшафтов, обоснованию приемов ландшафтно-мелиоративных исследований, анализу взаимодействия мелиоративных систем с ландшафтами, осуществлению ландшафтно-мелиоративного прогнозирования, картографирования, районирования и проектирования ландшафтно-мелиоративных систем.

В 1994 году, учитывая преобладающую направленность научно-исследовательской работы, кафедра была переименована в кафедру физической географии и оптимизации ландшафта.

В современный период существенно возрастают исследования кафедры, ориентированные на решение ландшафтно-экологических проблем Центрального Черноземья. Свидетельство этому публикация многих научных работ и защита кандидатских диссертаций аспирантами кафедры, тесно увязанных с ландшафтно-экологической тематикой. Основными направлениями работы коллектива кафедры этого периода выступают:

1) *Прикладные аспекты физико-географического районирования и ландшафтно-типологического картирования.* В рамках этого направления В.Б. Михно, А.В. Бережным, В.Н. Бевзом и другими было проведено ландшафтно-экологическое районирование Центрального Черноземья, Быковской О.П. проведено частное физико-географическое районирование ландшафтов с ледниковой литогенной основой, В.Б. Михно и А.И. Добровым выполнено прикладное районирование Воронежской области для целей создания искусственных водоемов. А.С. Горбуновым, В.Н. Бевзом и В.Б. Михно создана электронная ландшафтная карта Воронежской области масштаба 1:200 000 с детализацией до уровня местности, также коллективом была создана специализи-

рованная ландшафтная ГИС в масштабе 1:500000 для всего Центрального Черноземья (А.С. Горбунов, О.П. Быковская и др.).

2) *Оценка ландшафтно-экологического состояния природных и административных территориальных образований различного уровня и разработка принципов оптимизации природопользования.* Итогом работы в рамках этого направления послужила серия коллективных публикаций, посвященных принципам формирования оптимального ландшафтно-экологического каркаса и разработке ландшафтных основ рациональной организации сети ООПТ Воронежской области, анализу современного распространения и состояния степных ландшафтов. Наиболее значимой в этом отношении является коллективная монография «Ландшафтно-экологическая оценка муниципальных районов Воронежской области».

3) *Развитие теории литоландшафтогенеза и изучение роли экзодинамических процессов в формировании ландшафтных комплексов.* Направление реализуется в работах В.Б. Михно, посвященных теоретическим основам литоландшафтогенеза и проявлениям мелового литоландшафтогенеза в пределах Русской равнины; работах А.С. Горбунова, основанных на идее Ф.Н. Милькова о вертикальной дифференциации ландшафтов на Русской равнине; работах В.Н. Бевза, направленных на динамикогенетический анализ и оценку опасности и риска проявления экзогенных процессов; работах О.П. Быковской, целью которых является разработка теоретических аспектов проявления ледового литоландшафтогенеза и оценка современного состояния ландшафтов с ледниковой литогенной основой.

4) *Развитие теории и прикладных аспектов антропогенного ландшафтоведения.* Направление в основном представлено исследованиями городских и усадебных ландшафтов, проводимых Хрипяковой В.Я. Наиболее значимым достижением в этой области является авторская ландшафтная карта города Воронежа и пригородной зоны, выполненная в масштабе 1:15000, а также серия отраслевых покомпонентных карт.

5) *Рекреационное ландшафтоведение.* Направление сформировалось на основе теоретических представлений об антропогенных ландшафтах, одной из разновидностей которых выступают ландшафтно-рекреационные системы. Основными работами в этом направлении являются учебные пособия В.Б. Михно «Рекреационная география России: природоведческий аспект» (2008), «Рекреационное ландшафтоведение» (2011), «Практикум по рекреационному ландшафтоведению» (2011).

Выпускники кафедры. За период девяностолетней деятельности кафедра физической географии и оптимизации ландшафта подготовила большое количество специалистов – физико-географов, успешно работающих в сфере образования, проектно-исследовательских институтах, природоохранных и многих других организациях.

Ряд выпускников кафедры работает в вузах и научно-исследовательских институтах. Так, А.А. Чибилев, доктор географических наук, профессор, академик Российской Академии наук – научный руководитель института степи Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН, председатель Постоянной Природоохранительной комиссии РГО. Доктор географических наук А.Н. Федоров и кандидат географических наук С.П. Варламов – сотрудники Якутского института мерзлотоведения, к.г.н. Л.М. Ахромеев долгое время заведовал кафедрой физической географии Брянского государственного педагогического университета; кандидат географических наук, доцент Ю.Г. Данилов – проректор по науке и инновациям Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Доцент, кандидат географических наук Ю.А. Нестеров – сотрудник кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии и геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета. В вузах также успешно

работают бывшие аспиранты кафедры, окончившие другие учебные заведения страны: Али Абдулкасимов д.г.н., профессор Самаркандского университета; В.И. Булатов – д.г.н., профессор кафедры природопользования Югорского государственного университета (г. Ханты-Мансийск); И.М. Япаров – к.г.н., доцент Башкирского государственного университета; к.г.н., профессор З.В. Атаев – проректор – начальник управления научных исследований Дагестанского государственного университета; Э.М. Галеева – к.г.н., доцент Башкирского государственного университета.

Знания, полученные студентами кафедры в процессе обучения, позволяют на практике решать многие вопросы, связанные с оптимизацией ландшафтно-экологической обстановки и охраной природы. Не случайно, в изыскательских, проектных, мелиоративных и природоохранных организациях достаточно продуктивно работают выпускники кафедры. Примером тому может служить деятельность Н.В. Пешковой – председателя президиума Липецкого областного отделения общественной организации «Всероссийское общество охраны природы». Пешкова Н.В. (выпускница кафедры 1982 г.) – кандидат географических наук, является инициатором и автором целого ряда программ и общественных акций, нацеленных на обеспечение оптимальной экологической обстановки, сохранение и устойчивое развитие природной среды Липецкой области. За заслуги в охране окружающей среды и природных ресурсов своей области она удостоена звания «Заслуженный эколог Российской Федерации». В заключение следует подчеркнуть, что успешная работа кафедры во многом зависела и зависит от ее «микроклимата» – духовности, высокой нравственности, заинтересованности и творческом подходе к делу каждого сотрудника. Особая заслуга в этом принадлежит нашим Учителям. Заложенные ими этические нормы бережно сохраняются, поддерживаются и развиваются.

РОЛЬ ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН В ФОРМИРОВАНИИ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Е.А. Батраченко
ostkat@.ru

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

В условиях развития современного города актуален вопрос формирования комфортной городской среды. Существуют различные подходы к изучению городской среды, как указывает Владимир В.В., «город — один из видов социальной и пространственной организации населения, возникающий и развивающийся на основе концентрации промышленных, научных, культурных, административных и других функций» [2]. Городская среда является в большей степени результатом антропогенной деятельности, уместно вспомнить слова краеведа Гревса И. М. о городе как «качественно наиболее ярком и напряженном носителе культурного движения и его плодов, самом богатом и насыщенном его гнезде, создателе, хранителе и распространителе благ культуры». В тоже время факторы, снижающие экологическую комфортность города достаточно многочисленны и, к сожалению, их влияние сложно регулировать, так как они обусловлены необходимостью социального комфорта. К таким факторам можно отнести изменение рельефа, обусловленное городской застройкой; различие теплофизических свойств поверхностей элементов городской застройки и природного окружения; искусственные потоки тепла; снижение испарения из-за асфальтовых покрытий и зарегулированности

стока атмосферных осадков; резкое уменьшение площади поверхности с растительным покровом и естественной почвой. Городская среда неоднородна (рис.1).

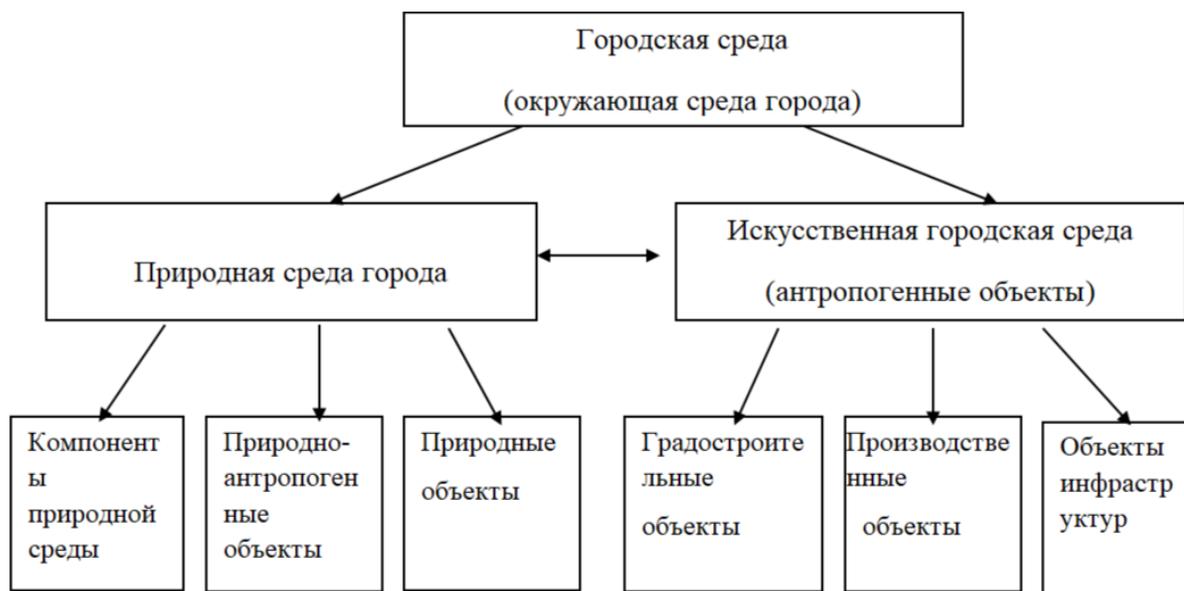


Рис. 1. Структура городской среды [5]

Существуют различные подходы к определению комфортности города. Учитывая существующие теории и авторские подходы можно выделить более 30 параметров ее определения. Уровень комфортности проживания населения на территории является показателем конечного эффекта воздействия на людей факторов окружающей среды. Анализируя многочисленные методологические концепции оценки комфортности городской среды, следует отметить, что все факторы комфортности можно объединить в 3 группы: экологические, социальные и урбанистические факторы. Несомненно, каждая группа факторов обуславливает причинно-следственные связи, отражающиеся на качестве городской среды и жизни населения. Например, социальные факторы предусматривают создание креативные и культурных зон, создание региональных кластеров, создание условий для развития цифровой экономики [4].

Исследование комфортности городской среды тесно связано со способами ее улучшения. В настоящее время технологии ландшафтного планирования и моделирования позволяют нивелировать интенсивность антропогенного воздействия на компоненты городских ландшафтов и улучшить параметры селитебной и ландшафтно-рекреационных зон города. В нашем исследовании основной целью являлась выявление параметров, определяющих субъективное восприятие комфортности населения на примере г. Курска и роль ландшафтно-рекреационных зон в восприятии комфортности.

Кратко характеризуя территорию изучения – г. Курск – отметим, что он, несомненно, обладает большим потенциалом комфортности как природно-климатической, так и социально-культурной. Территория расположена в лесостепной природной зоне с умеренно-континентальными особенностями климата. Рельеф на территории города в определенной степени дифференцирован (рис. 2).

Характерно распространение нескольких типов местности (рис. 3).

Ландшафтно-рекреационные зоны приурочены озелененным территориям и размещены по территории города крайне неравномерно (рис. 4).

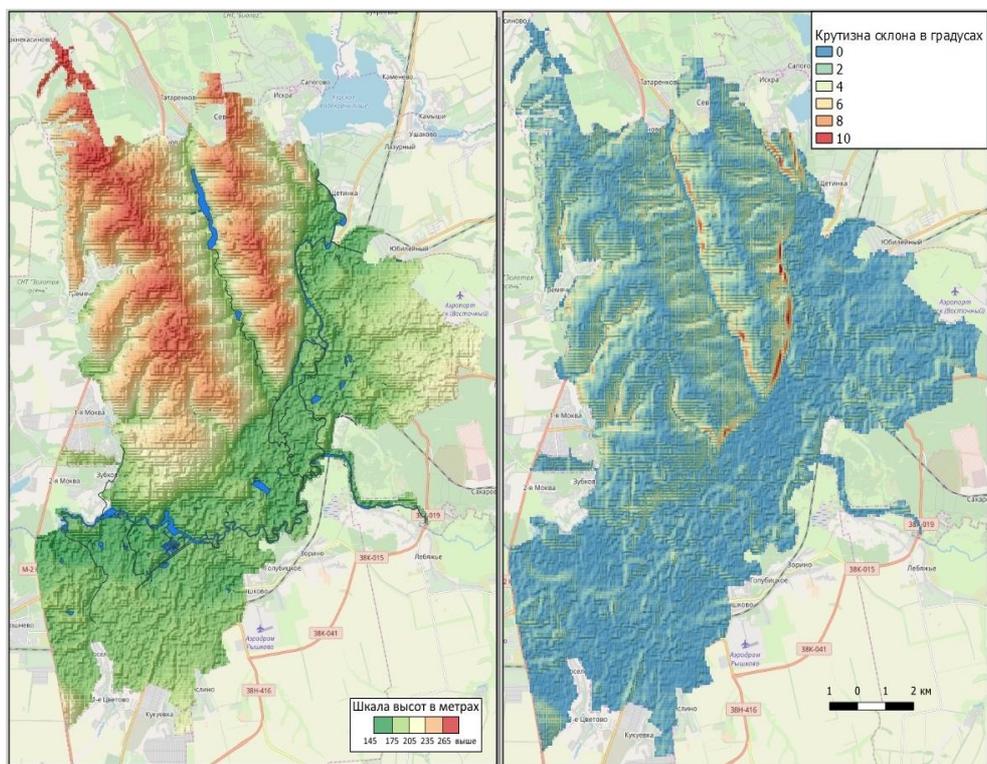


Рис. 2. Рельеф и распределение уклонов на территории г. Курска

Для оценки субъективного восприятия уровня комфортности городской среды было реализовано исследование по определенному алгоритму, одним из этапов являлось анкетирование жителей города разных возрастных категорий.

В результате обработки данные визуализированы в виде картосхемы (рис. 5).

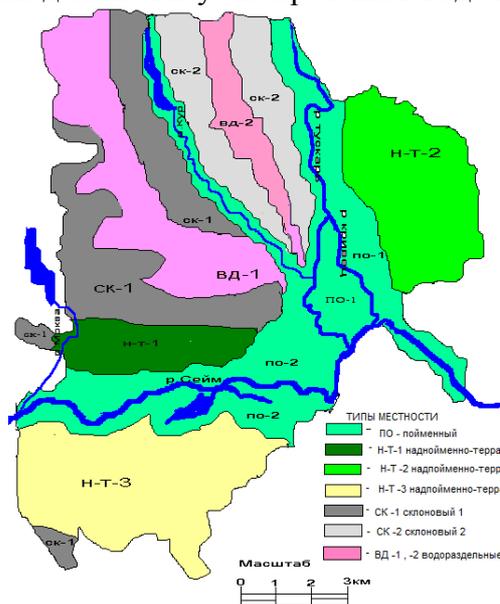


Рис. 3. Типы местности на территории г. Курска (по Поляковой Н.О., 2010) [1]

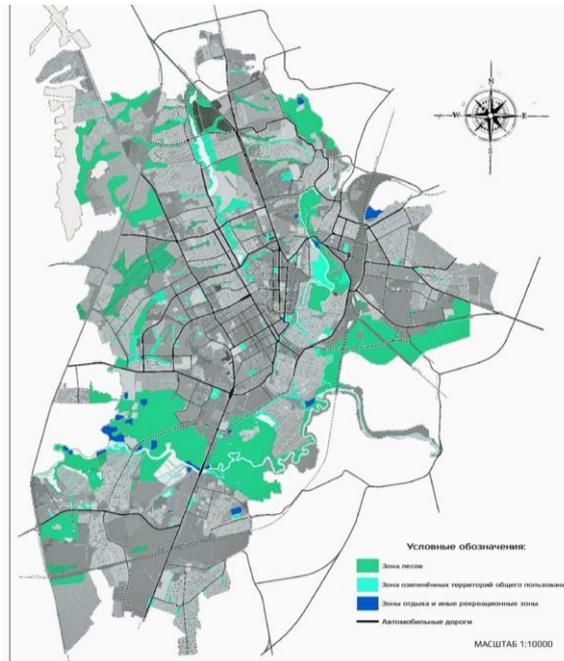


Рис. 4. Размещение ландшафтно-рекреационных зон

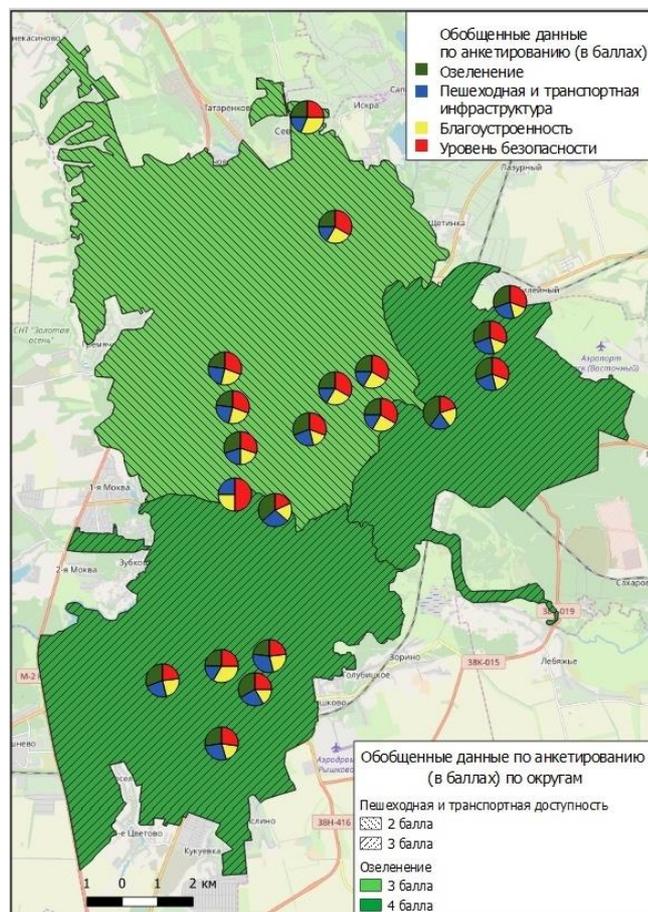


Рис. 5. Дифференциация уровня комфортности городской среды

Анализ результатов позволяет отметить практически равнозначную роль в восприятии комфортности городской среды как ландшафтно-географических условий (прежде всего уровень озеленения и доступность ландшафтно-рекреационных зон), так и социальные факторы. Таким образом, можно сделать вывод, что обустройство и увеличение площади рекреационных объектов на территории города необходимо для формирования комфортной городской среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батраченко Е.А. Роль ландшафтного планирования в сохранении устойчивости экологического каркаса урбанизированной территории (на примере города Курска) / Е.А. Батраченко, И.А. Гонеев, О.П. Лукашова, И.Ю. Сошникова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1-3. – С. 607-611.
2. Владимиров В. В. Город и ландшафт:(проблемы, конструктивные задачи и решения) / В. В. Владимиров, Е. М. Микулина, З. Н. Яргина – М.: Мысль, 1986. – 236с.
3. Почтовая А.В. Современное состояние городской среды: основные понятия, проблемы и особенности управления / А.В. Почтовая. — Текст : непосредственный // Вопросы экономики и управления. – 2017. – № 4 (11). – С. 3-7. – URL: <https://moluch.ru/th/5/archive/73/2782/> (дата обращения: 02.04.2024).
4. Подковырова М.А., Огнева Ю.Е. Исследование понятия комфортности городской среды и методика её оценки // Московский экономический журнал. – 2022. – № 3. URL: <https://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal3-2022-28/>(дата обращения: 02.04.2024).
5. Хомич В.С. Городская среда: Геоэкологические аспекты: монография / В.С. Хомич – Минск : Беларус. наука, 2013. – 301 с.

ИНВАРИАНТНЫЕ ПРИЗНАКИ СКЛОНОВЫХ ЛАНДШАФТОВ

В.Н. Бевз
snark61@mail.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Организация склоновых ландшафтов (СЛ), как составная часть организации ландшафтной сферы Земли, представляет собой сложную многоплановую проблему. Одним из ее аспектов является выделение и анализ инвариантных признаков, служащих фундаментальной основой для определения сущности СЛ, построения их классификации, систематики, оптимизации и т.д.

В большинстве исследований инвариант ландшафта в общем виде определяется посредством двух ключевых понятий – структуры и устойчивости. Однако этого недостаточно. Необходимо также выяснить характер детерминированности инвариантных признаков ландшафтных комплексов. В этом случае методика определения инварианта склоновых ландшафтов в соответствии с системно-структурным подходом требует последовательного и интегрированного анализа различных уровней рассмотрения: типового, регионального и локального, соподчиненных по принципу восхождения от абстрактного к конкретному. Объективность выделения данных уровней подтверждается их четким соотношением с такими философскими категориями как всеобщее, особенное и единич-

ное.

Не вызывает сомнения, что само существование структуры ландшафтного комплекса и ее качественная определенность генетически обусловлены. Устойчивость структуры к внешним и внутренним воздействиям предопределяется целостностью и тождественностью структуры самой себе на определенном временном отрезке. За тождественность структуры ответственна стабилизирующая динамика. Целостность ландшафта зависит от постоянства системообразующих потоков (природных и природно-антропогенных) вещества, энергии и информации. Следовательно, инвариантные признаки ландшафта в общем виде детерминированы генетической обстановкой как фактором-условием, стабилизирующей динамикой как фактором-причиной и функционированием ландшафтного комплекса как фактором-процессом.

На уровне типовой структурной организации инвариант ландшафта выражается через категорию всеобщего. С ландшафтных позиций смысл данной категории достаточно точно отражает точку зрения Ф.Н. Милькова [5], который представляет инвариант как наиболее общие, а поэтому и более устойчивые черты структуры типа ландшафтного комплекса на уровне семейства. Применительно к склоновым ландшафтам инвариантные признаки могут быть представлены: геоморфогенным единством склоновых поверхностей с горизонтальным градиентом сил (фактор-условие); выраженностью и упорядоченностью потоков вещества, энергии и информации в пределах склоновых поверхностей (фактор-причина); проявлением склоновых процессов (фактор-процесс), под которыми понимают геодинамические процессы, связанные с горизонтальным перемещением вещества и энергии под действием силы тяжести и при периодическом изменении температур и увлажнения [6].

Выделенные на типовом уровне рассмотрения инвариантные признаки, позволяют дать определение СЛ как объекта исследований. Это приуроченные к склоновым поверхностям природные комплексы, переменные состояния которых определяются характером выраженных через склоновые процессы упорядоченных горизонтальных потоков вещества, энергии и информации, подчиненных силам свободного гравитационного поля и стекающей воды [1].

Сущность инварианта динамико-генетических систем склоновых ландшафтов на региональном уровне структурной организации соотносится с категорией особенного. Конкретизация форм их существования и их инвариантных признаков происходит через особенности вещественно-энергетического баланса, предопределяющего типы природной среды с региональными чертами физико-географического процесса.

Исходя из этого, функцию фактора-условия формирования инварианта склоновых систем регионального уровня выполняют неотектонические движения и созданные ими структуры. Специфика склонов, сформировавшихся в пределах того или иного блока, отражает устойчивый для определенного периода времени характер трансформации потенциальной энергии в энергию кинетическую.

Фактор-причина, предопределяющий инвариант склоновых систем, выполняет функцию установления динамического равновесия. Это происходит за счет компенсирующей энергии неотектонических процессов проявления склоновых процессов, обусловленных зональным характером радиационного баланса в сочетании с определенным балансом тепла и влаги.

Определение фактора-процесса инвариантной структуры склоновых систем связано с использованием функционально-целостного подхода к дифференциации природной среды. Динамико-генетические системы склоновых ландшафтов Центрального Чер-

ноземья в основном созданы флювиальными процессами, а их функционирование в конечном итоге обеспечивается стоком в рамках бассейновых геосистем. Коэффициент стока в неявном виде отображает миграционную структуру органо-минеральных веществ, от которой зависит устойчивость природных комплексов [2].

Таким образом, пространственный инвариант СЛ на региональном уровне рассмотрения последовательно определяется инвариантными признаками трех типов динамико-генетических систем склоновых ландшафтов – блоковых, зонально-климатических и бассейновых. Такая точка зрения близка к позиции Э.Г. Коломыца [4], который на региональном уровне организации биосферы в равнинных условиях выделяет три типа природно-территориальных структур: ячеистый, изопотенциальный и бассейновый.

Философская категория единичного отражает специфику инварианта склонового ландшафта на локальном уровне рассмотрения. В этом случае фактором-условием выделения структурного инварианта склоновых ландшафтов выступает генетический тип склонов. На территории Центрального Черноземья к таким типам нами относятся: первично-тектонические, вторично-тектонические, эрозионно-аккумулятивные, эрозионно-делювиальные, эрозионные.

Доминирующее проявление какого-либо вида динамики (сейсмогенного, гидрогеогенного, гидрогеологического, климатогенного, биогенного), наглядно проявляющегося через характерные парагенетические ассоциации склоновых процессов, – фактор-причина, определяющий инвариант структуры склоновых систем. Наконец в качестве фактора-процесса локального уровня рассмотрения целесообразно использовать процесс формирования почвенно-растительного покрова и животного мира с учетом его конечного результата – характера почвенно-растительного покрова условно-коренного состояния зрелой стадии динамики комплекса, который К.А. Дроздов [3] представляет как процесс ландшафтогенеза.

В заключении хотелось бы еще раз остановиться на определении сущности понятия «инвариант ландшафта». Как нам представляется, инвариант ландшафта выступает как инвариант целостности, синтезирующий абстрактные для уровней типовой, региональной и локальной пространственно-временной организации ландшафтного комплекса признаки, детерминированные его генезисом, динамикой и функционированием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бевз В.Н. Генетические типы склоновых ландшафтов Центрального Черноземья / В.Н. Бевз // Вестн. Воронеж. отд. Рус. геогр. об-ва. – 2009. – Т.8. – С.3-6.
2. Глазовская М.А. Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости // Изв. РАН. Сер. геогр. – 1992. – №5. – С. 5-12.
3. Дроздов К.А. Инвариант как одно из важнейших свойств ландшафта // Вестн. Воронеж. отд. Рус. Геогр. о-ва. – 1999. – Т. 1, вып.1. – С. 44-45.
4. Коломыц Э.Г. Полиморфизм ландшафтно-зональных систем. – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. – 311 с.
5. Мильков Ф.Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1986. – 326 с.
6. Щербаков А.П. Склоновые ландшафты. – Калинин: Изд-во Калинин. ун-та, 1982. – 88 с.

ЛАНДШАФТНО-ЭСТЕТИЧЕСКОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПРИРОДЫ ЗАПОВЕДНИКА «ГАЛИЧЬЯ ГОРА»

А.Н. Белокобыльский, А.В. Телегина
nova201362014@mail.ru, tav.vrn@mail.ru

Воронежский государственный педагогический университет, г.Воронеж, Россия

Эстетическое восприятие ландшафта многогранно. В нем участвуют и зрение, и слух, и обоняние, и осязание. Каждый из органов чувств вносит свою лепту в общее эмоциональное представление о ландшафте. Сложная гамма красок, тонов, очертаний, запахов и звуков рисует целостный художественный образ ландшафта. Восприятие объекта всей совокупностью чувств обозначается в психологии и эстетике термином «синестезия». Синестезия ландшафта — чувственный акт его постижения. Он лежит в основе эстетического восприятия ландшафта. *Эстетическое (чувственное) восприятие окружающего мира называют перцепцией и подразумевают под ним поиск гармонии и красоты объекта. Существует два типа эстетического восприятия: внешнее, когда субъект находится вне объекта и объект воспринимается с помощью зрения, и внутреннее, когда объект воспринимается всеми органами чувств, по-другому этот процесс называют «синестезия».* Неповторимы запахи нагретого солнцем соснового бора, осенней березовой рощи с опавшей преющей листвой, свежескошенного луга, полынной степи. Все эти характерные признаки по-своему тонко индицируют природные свойства ландшафта. Однако опытом установлено: главным источником чувственного восприятия ландшафта служит его созерцание. Зрение дает до 90% эстетической информации об окружающей нас ландшафтной среде. Чем дальше объект от субъекта, тем значительнее роль визуального акта. Эстетическое восприятие – сложный процесс, в котором сочетаются сенсорные способности как врожденные, интуитивные, так и приобретенные личностью в ходе воспитания, образования, социального развития. Важную роль в эстетическом восприятии играют ассоциативные возможности. Для географа чрезвычайно ценно богатство экспедиционного опыта, ландшафтных впечатлений, умение проникать в суть структуры, генезиса и функционирования природных и природно-антропогенных геосистем. Они способствуют усилению эстетического воздействия ландшафтов [5].

Восприятие всегда зависит от принадлежности посетителя к определенной возрастной и социальной группе, от его ценностной ориентации, образа жизни, традиций, нравов и обычаев в данной местности, настроения человека, профессиональной группы. Однообразный пейзаж, лишенный художественного замысла, выразительности, вызывает у зрителя психологическое утомление, потерю к нему интереса, что является результатом бесплодных поисков его содержания и психологической неудовлетворенности.

Все составные части ландшафта неразрывно связаны между собой. Среди трех основных его компонентов ведущая роль принадлежит рельефу и воде. Растительность — производный, но зато динамичный и в то же время совершенно незаменимый компонент. Именно эти компоненты и усиливают эстетическое воздействие ландшафта на человека. Формы рельефа уже сами по себе способны оказывать определенный психоэмоциональный эффект.

Следуя народным традициям, опираясь на исследования в области психотерапии, учитывая опыт талантливых художников-пейзажистов и мнения экспертов, мы можем ставить вопрос об эмоционально-психологическом подходе к классификации пейзажей.

Такого рода классификация — дело будущего. Но, исходя из субъект-объектного понимания пейзажа, она вполне реальна. Пожалуй, именно этот вид классификации пейзажей в наибольшей мере мог бы соответствовать духовной сути эстетического направления в ландшафтоведении. А пока мы говорим о пейзажах веселых и грустных, романтических и сентиментальных, возбуждающих и гнетущих, жизнерадостных и угрюмых, очаровательных и суровых, привлекательных и отталкивающих [5].

Понятие о художественном ландшафтоведении. Ландшафтные образы заповедника «Галичья гора»

Известный географ Ю.Г. Саушкин говорил, что писатель и географ, действуя разными методами, усваивая и отражая действительность разными сторонами человеческого творчества, в конце концов оба создают географические образы [3]. У каждого человека при чтении художественной литературы возникает мысль о том, что писатель — это немного и географ, ведь в каждом произведении есть описание ландшафта. К.Г. Паустовский заметил: «писатель, который не любит, не знает, не понимает природы, для меня не полноценный писатель» [1]. И географ-ландшафтовед, и писатель при характеристике пейзажа заняты поисками наиболее выразительных «образов места» — географ глазами ученого, писатель глазами художника. В тех случаях, когда ученый и писатель сливаются воедино, когда научно достоверные факты о природе воплощаются в форме высокохудожественных образов, мы можем говорить о *художественном ландшафтоведении или научно-художественной географии* [4]. Впервые о художественном ландшафтоведении заговорил Ф.Н. Мильков еще в 1969 году. Он говорил, что ландшафт или пейзаж — неотъемлемая часть художественного произведения; он занимает в нем порою очень большое, порою скромное место — в зависимости от склонностей автора и жанра произведения, но присутствует едва ли не во всех случаях. Вместе с тем и каждый географ-ландшафтовед должен быть в определенной мере художником или писателем. Не случайно многие географы обладали творческими способностями. Среди них в первую очередь следует назвать А.Н.Краснова, П.П. Семенова-Тян-Шанского, Н.М. Пржевальского. Да в самих произведениях Ф.Н.Милькова часто мы можем найти признаки художественного ландшафтоведения, вспомнив хотя бы книгу «Воронежские Дали». Многие писатели давали точную характеристику природных ландшафтов, что представляет большую научную ценность. Что такое пейзаж в литературе? Пейзаж в литературе выполняет важную функцию. С помощью его автор воплощает свое видение мира. Описание природы — выразительный элемент художественного текста, который позволяет читателю погрузиться в атмосферу повести, новеллы, романа или поэтического произведения. В художественном произведении, в зависимости от намерений автора, пейзажное описание может обозначать место действия, создавать определенную атмосферу или раскрывать характер героя. Хотелось бы более подробно остановить внимание на описаниях природы заповедника «Галичья гора».

Рассмотрим творчество В.М.Пескова. Внимание к его произведениям со стороны географов не случайно, ведь творчество Пескова заслуживает внимания ландшафтоведов, и мы вправе сказать, что Василий Михайлович — один из основателей не только экологической журналистики, но и художественного ландшафтоведения. В его очерке «Галичья гора» мы найдем научно правдивую характеристику своеобразной природы заповедника и ландшафтов долины реки Дон. Автор рассказывает нам о своем путешествии в заповедную зону, историю охраняемой территории, о работниках заповедника.

Интересны описания заповедника: *«Кто бывал на Верхнем Дону в нынешней Липецкой области, помнит сараи, заборы и даже избы, сложенные из каменных плит. Ломали камень в берегах рек, прогрызавших свой путь в древних морских отложениях*

спрессованного ракушечника. Плывая по Дону или двигаясь по величественному каньону Воргола, видишь пласты этих каменных кладок, прикрытые травами и кустами. Временами кажется, что плывешь вдоль скал горной местности – высота обнажений местами достигает почти ста метров» [2]. Василий Михайлович просто и доступно для читателя, и одновременно достоверно рассказывает о природе охраняемой территории: «Пятнышки территорий, где в обществе тимьяна, сон-травы, ковыля и почти тысячи других растений живут реликты, разумеется, заповеданы. «Галичья гора» – самый маленький заповедник мира: 230 гектаров Горы и растительных «пятнышек» возле рек – вот жизненное пространство, где обнаружены (и, возможно, ещё обнаружатся) драгоценные реликты» [2]. Журналист поднимает и экологические проблемы: «У работников заповедника забот тут немало. Первые из них – охранные. Нельзя допустить, чтобы посланцы тысячелетий были затоптаны каким-нибудь варваром, излишне любопытным натуралистом, съжжены овцами или накрыты летним пожаром» [2]. Дар Василия Михайловича позволяет его читателям путешествовать по заповеднику вместе с ним. Анализируя этот очерк В. Пескова и другие его произведения, мы можем понять, какое большое значение у художественного ландшафтоведения, что оно помогает придать описанию природы особую окраску, почувствовать ландшафт, даже не имея личных впечатлений.

И сегодня современные студенты-географы продолжают традиции Воронежской географической школы Ф.Н.Милькова. Авторами статьи были проведены исследования ландшафтно-эстетического восприятия природы заповедника «Галичья гора» студентами факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ. Были проведены попытки художественного ландшафтного описания охраняемой территории.

«Склон зарос растительным покровом дерзкого зелёного цвета, он был полон уверенности и той природной красоты, что охватывало дух и память. Известняковые отложения аппетитно расположились друг на друге, словно блины в ранний субботний день у бабушки в деревне. Солнце окрашивало гору, ветер поддувал те кустарники и цветы, что обняли склон с теплотой и лаской. Дон в этот момент подчеркивал всю ту несбыточность мечтательных мыслей, что улетали вместе с манящим обонянием ветром. Галичья гора высилась прямо над Доном, а тот соблаговолит своей компанией такую природную красоту, что студентам пришлось увидеть и узреть. Никто не представлял, что такая простота в природе кроется лишь в наблюдении. Именно в созерцании и спокойствии», – таковы были остаточные эмоции у студентов, которым пришлось произвести работу и пройти практику в заповеднике «Галичья гора».

Удивительны воспоминания и изменения студентов, где мы можем заметить влияние ландшафтов на внутренний мир человека: *«Но не прямым взглядом видно, как преподавателям было главное, чтобы студенты приняли и поняли, насколько совершенна и проста бывает природа. Они хотели для студентов знаний и ценности восприятия того места, где им приходится быть. Само влияние уже наблюдалось по окончанию практики. Об этом еще рано было говорить, но каждый ощущал за собою изменения. Кто-то начал более ценить природу, кто-то ненарочито задумывался о посвящении себя науке».*

Результатом нахождения в этом удивительном месте являются выводы, которые каждый делает для себя после прохождения практики: *«Твое познание теперь стремиться не только к стратифицированному распознаванию красоты природы, но и красоты человека. Практика научила, с помощью экскурсий, и оценки ландшафтного районирования познавать то, что находится совсем вокруг тебя. Ты постоянно учишься и*

узнаешь, в этом есть то, что расширяет твою восприимчивость к этому наполненному изяществом и простотой окружающему миру. Он прост, но в этом и совершенен».

Исследования территории заповедника приводят нас к пониманию того, что человек должен быть чутким и сердечным участником того великого, что непрерывно совершенствуется в живой природе, что красота природы пробуждает лучшие качества души и развивает нравственную сторону личности. Заповедник «Галичья гора» – это самый маленький заповедник не только в России но и во всем мире, но, как говорил Василий Песков об этой территории: «мал золотник на Дону, да дорог».

ЛИТЕРАТУРА

1. Бережной А.В. Воронежское лесостепье: Ландшафтные очерки о заповедных уголках Воронежского края: монография / А.В. Бережной, Т.В. Бережная. – Воронеж: Научная книга, 2009. – 120 с.

2. Василий Песков. Галичья гора – URL: <https://www.kp.ru/daily/23793.3/58790/?ysclid=lyk90paslw179757173> (дата обращения: 25.06.2024).

3. Мильков Ф.Н. Воронежские дали / Ф.Н. Мильков. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. – 254 с.

4. Мильков Ф.Н. Ландшафтная география: Избранные труды / Ф.Н. Мильков. – Воронеж: ИСТОКИ, 2018. – 382 с.

5. Николаев В.А. Ландшафтоведение. Эстетика и дизайн / В.А. Николаев. – Москва: Аспект Пресс, 2003. – 175 с.

МОРФОТЕКТОТУРЫ ТАЛЫШСКИХ ГОР

Т.Р. Гурбанов

jehungasimov@mail.ru

*Министерство Науки и Образования Азербайджанской Республики
Институт Географии имени акад. Г.А. Алиева, г. Баку, Азербайджан*

Введение и постановка проблемы. Талышская горная система, согласно геоморфологическому районированию территории Азербайджана, входит в Малокавказкую провинцию и как область охватывает Лянкяранскую, Буроварскую, Ярдымлинскую, Пештасарскую, Зувандскую и Талышскую геоморфологические районы [3], а в тектоническом районировании расположена в Астаринской, Лерик-Ярдымлинской, Буроварской и Джалилабадской структурной зоне [6].

Геосинклинальный, преимущественно эвгеосинклинальный режим развития Талышских гор в системе альпийской зоны предопределил формирование, кроме грязевулканического типа, почти всего генетического многообразия морфоструктур, к примеру, складчатых и складчато-глыбовых.

Методика исследования и фактический материал. Основным материалом для исследования послужили данные полевых экспедиционных работ, а методами послужили историко-генетический, анализ геолого-геоморфологических и тектонических карт территории.

Результаты исследований. Благодаря полноте проявления тектонических процессов, доминирующая роль здесь принадлежит тектоническим морфоструктурам, поскольку излившиеся продукты вулканов, подвергаясь впоследствии деформации, теряют

смысл магматической морфоструктуры и принимают участие уже в организации тектонических морфоструктур.

Обсуждение результатов. Благодаря интенсивному проявлению в новейшем этапе разрывных дислокаций складчатые морфоструктуры имеют сравнительно незначительное развитие.

Бюрзюмбюльская антиклинальная гряда простирается в северо-западном направлении и упирается в Гызылгаинский хребет. Водораздельная часть состоит из ряда отдельных куполовидных возвышенностей, разделенных долинами и седловинами. Гряда наиболее четко выражена в рельефе на левом берегу Виляшчая в районе с. Габахдиби, что связано с интенсивным поднятием Гызылгаинского поперечного хребта. В центральной части Ярдымлинской котловины гряда слабо выражена, т.к. отстала от общего поднятия. В среднем течении Шаратюк, в районе с. Аббасабад гряда в современном рельефе образует антиклинальную возвышенность.

Жийская антиклинальная гряда расположена на северо-восточном борту Ярдымлинской котловины и в современном рельефе образует интенсивно расчлененную морфоструктуру.

Веровская антиклинальная гряда расположена между Арусской и Сырыхской синклинальными долинами и котловинами. Гряда наиболее ярко выражена на правом берегу Виляшчая, в районе с. Веров, и простирается в северо-западном направлении, а в районе с. Одурагаран упирается в Гызылгаинский поперечный хребет. На левом берегу Виляшчая гряда наиболее расчленена. На юго-западном крыле гряды развито несколько древних оползней, на одном из которых (наибольшим) расположено с. Одурагаран. Оползни связаны с разломами и разрывами, проходящими вдоль крыла в северо-западном направлении. В бассейне р. Шаратюк гряда образует куполовидную возвышенность.

Алму-Давардибинская антиклинальная гряда расположена в пределах центральной части Лерикского синклинория, на правобережье Лянкяранчая между Конджавучаем и Давардибичаем. На юго-западном склоне гряды расположен древний оползень, на котором находится с. Алму. Гряда срезана правыми притоками Лянкяранчая, соответствующими поперечным разрывам. В новейшем этапе в связи с усилением тектонических движений и оживлением древних разломов, проходящих вдоль долины Лянкяранчая, гряда наиболее приподнята и потому северо-восточное крыло более круто и сильно расчленено, чем юго-западное.

Пирасора-Орандская антиклинальная гряда наиболее четко выражена в современном рельефе в районе с.с. Пирасора и Оранд – юго-западный склон Пештасарского хребта. Ниже с. Пирасора в сторону Конджавучая (к юго-востоку) свод антиклинальной гряды смыт. Здесь р. Пирасора формировалась вдоль денудационного свода и образовала антиклинальную обращенную долину. В современном рельефе сохранились оба (северо-восточный и юго-западный) крыла и образовались моноклиналильные гряды. Северо-восточная – Пирасоринская моноклиналильная гряда – простирается в северо-западном направлении и имеет отвесный юго-западный и пологий северо – восточный склоны. И наоборот, у юго-западного крыла, соответствующего Говеринской моноклиналильной гряде, северо-восточный склон отвесный, а юго-западный – пологий. К северо – западу от с. Пирасора хорошо сохраненный свод антиклинальной гряды в современном рельефе образует слабонаклоненную (на восток), слабо расчлененную платообразную возвышенность.

В верховьях Веричая (правый приток Давардибичая) широко распространены оползни, ранее представлявшие, видимо, единый оползневый цирк, образовавшийся с заложением продольного разлома, проходящего вдоль подножья Панавант-

Болабандского хребта. В связи с эрозионной деятельностью Веричая этот единый цирк был расчленен на отдельные оползневые блоки ступенчатого характера.

Остаирская синклиналичная долина – котловина соответствует Бозайранской (Аббасабадской) синклинали. Долина расширяется в юго-восточном направлении, раскрываясь к долине Виляшчая.

Аруская синклиналичная долина – котловина расположена к северо-востоку от Воровской антиклиналичной гряды. Долина в районе с.с. Арус и Таирли расширена и террасирована. Она на северо-западе упирается в Гызылгаинский поперечный хребет.

Бозайранская (Аббасабадская) синклиналичная котловина на юго-востоке начинается с города Ярдымлы и простирается в северо-западном направлении до г. Сарп, далее погружаясь к долине р. Араз. Она в структурном отношении соответствует частной синклиналичной складке.

Сырыхская синклиналичная долина и Вергядузское синклиналичное плато формировались по Сырыхской синклиналичной структуре. Кроме того, более мелкие морфоструктуры, выраженные в современном рельефе долинами и котловинами, также соответствуют данной синклинали.

Дылмады-Гамушамский антиклиналичный хребет является частной морфоструктурой Астаринского хребта. В его формировании большую роль сыграли разрывные нарушения северо-запад-юго-восточного простирания, к которым ныне приурочены долины Тангярю и Вешарю.

Таблагойская синклиналичная котловина, являющаяся частью Госмалианской котловины, расположена между Гараулханинским моноклиналичным и Талышским антиклиналичными хребтами. Она слабо расчленена оврагами и балками и имеет слабый уклон на северо-восток в сторону Госмалианской котловины.

Ломин-Кагойская синклиналичная долина является частной морфоструктурой Астаринского хребта и морфологически четко отделяет его от юго-восточного Пештасарского хребта. В ее формировании большую роль играли разрывные нарушения северо-запад-юго-восточного простирания, к которым ныне приурочены долины Тангярю и ее левых притоков, а также долина Вешарю.

Складчато-глыбовые морфоструктуры благодаря дифференцированному характеру тектонических движений, активно проявившемуся в новейшем этапе тектогенеза, преимущественно в дизъюнктивной форме, имеют широкое развитие. Отметим основные из них.

Астаринский горст-антиклиночный хребет занимает юго-восточную часть Талышского горст-антиклиночного хребта и в структурном отношении соответствует одноименному сложно построенному поднятию горстового характера. Хребет является зоной интенсивных поднятий, что подтверждается глубоким врезом долин рек в его склоны. Общая амплитуда новейших поднятий с учетом денудационного среза достигает 2200-2300 м [5].

По данным геоморфологических наблюдений в пределах морфо-структуры выделяются два интенсивно расчлененных блока, ограниченные разрывными нарушениями. Первый, приподнятый блок, расположен между Билясар-Асханакеранским и Ляжи-Пенсарским поперечными разломами. Второй, опущенный блок, – между Ляжи-Пенсарским и Тангеван-Сиовским разломами.

Кюмюркейская куполовидная возвышенность расположена между Госмалианской на юго-востоке и Дыманской на северо-западе котловинами. Морфоструктура характеризуется прямым тектоническим рельефом и соответствует наиболее приподнятой части Талышского антиклиночного хребта. Характерными чертами ее являются интенсивность расчленения и контрастность рельефа, наличие глубоких долин и крутых сту-

пенчатых склонов. На водоразделе расположены ряд вулканических центров среднего эоцена. Лавы, излившиеся из этих центров, на северо-восточном склоне образуют слабо расчлененные плато. В пределах возвышенности выделяется ряд вулканических морфоструктур. Она сложена складчато-вулканогенными образованиями и осадочно-туфогенной (флишоидной) толщей верхнего эоцена [2].

Гызылгаинский поперечный горстовый хребет расположен между Виляшчаем и Болгарчаем и соответствует одноименному поперечному поднятию, соединяющему Пештасарский хребет с Буроварским. Северо-западный склон хребта, обращенный к долине Болгарчая, пологий, слабо расчленен овражно-балочной сетью. На северо-западе начинается от г. Шишновар и простирается в юго-восточном направлении и, постепенно снижаясь у г. Велидаг, упирается в Буроварский хребет. Водораздел хребта имеет мягкие очертания и представлен куполообразными возвышенностями и разделяющими их седловинами, обусловленными соответственно антиклинальными и синклиналиными структурами.

Сарп-Ярдымлинский моноклиальный хребет соответствует юго-западному крылу Бозайранской синклинали. Южный склон хребта ступенчатый, что связано с литологическим составом слагающих пород, а также разломами и разрывами северо-западного простирания. Это можно объяснить и эрозионной деятельностью Виляшчая, однако на склонах не сохранились следы речных отложений. У с.с. Перембель и Абдынлы на склонах обнажаются коренные породы, образующие ступенчатые карнизы и уступы. Рельеф водораздела имеет мягкие очертания, северо-восточный склон умеренно расчленен.

Почгонский моноклиальный хребет расположен на левобережье Лянкяранчая и в структурном отношении соответствует северо-восточному крылу Лерикского синклинория. Хребет имеет общекавказское направление простирания и резко асимметричное строение – крутой юго-западный и пологий северо-восточный склоны, связанное с глубинным разломом, проходящим вдоль долины Лянкяранчая (здесь река спрямлена). От водораздела хребта в юго-западном направлении отходят боковые гряды, которые формировались между поперечными разломами и разрывами.

Ярдымлинская грабен-синклинорная внутригорная котловина расположена между Пештасарским моноклиновым и Буроварским антиклинорным хребтами и занимает бассейн Алашачая и среднее течение Виляшчая. По происхождению она является прямой (синклинорной) и унаследованной морфоструктурой, зародившейся на месте позднеальпийского геосинклинального прогиба. В структурном отношении котловина в основном соответствует Ярдымлинскому синклинорию, который на юго-востоке, в районе слияния Добюрчая с Алашачаем, примыкает к Лерикскому синклинорию. Котловина на северо-западе открывается в сопредельные районы Иранского Азербайджана. Северо-западный борт котловины прислоняется к Гызылгаинскому поперечному поднятию, являющемуся границей между Ярдымлинской котловиной и Дешти-Муганским прогибом. Она в отличие от других котловин Талышских гор вулканического рельефа не имеет, хорошо террасирована. Тектонический режим ее был сложным. О современном поднятии ее свидетельствует наличие многочисленных молодых и глубоких эрозионных врезов.

Котловина характеризуется типичным эрозионным средне- и низкогорным рельефом с густой гидрографической сетью, принадлежащей бассейну Виляшчая, которая пересекает ее в поперечном направлении, и продольной долины Алашачая, являющейся верхним и частично средним участком долины Лянкяранчая.

Заключение

1. Тектонические и магматические процессы вкуче образуют различные генети-

ческие типы морфоструктур.

2. В формировании морфоструктур важная роль принадлежит разрывным нарушениям.

3. Складчатые и складчато-глыбовые морфоструктуры относятся к морфотектурному типу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азизбеков Ш.А., Багиров А.Э., Исмаил-заде А.Д. Тектоническое строение Талыша и его связь с Эльбурсом и Малом Кавказом / Геотектоника. – 1971. №3. – С.74-86.

2. Азизбеков Ш.А., Багиров А.Э., Велиев М.М., Исмаил-заде А.Д. и др. Геология и вулканизм Талыша. – Баку: Элм, 1979. – 239 с.

3. Ализаде Э.К., Танрывердиев Х.К., Халилов Г.А. и др. География Азербайджанской Республики. Том 1. Физическая география. Геоморфология. – Баку: Аврора, 2014. – С. 127-132.

4. Антонов Б.А., Гаджиев В.Д. Морфоструктуры Азербайджанской ССР. Морфоструктуры Талыща. Фонд Института Географии АН Азербайджанской ССР. – Баку, 1980. – 131 с.

5. Гаджиев В.Д. О величине денудационного среза Талыша. ДАН Азербайджанской ССР. №11. – Баку: Элм, 1986. – С. 82-85.

6. Кенгерли Т.Н. Геология Азербайджана. Том IV. Тектоника. – Баку, 2005. – С. 32-34.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

М.М. Дамбе, Л.А. Межова
Rybalova96@mail.ru

Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж, Россия

Специфика геоэкологического исследования заключается в изучении территории как объекта природно-ресурсного потенциала, объекта антропогенной деятельности и изменяющегося в пространстве и времени ландшафта. Цель комплексной геоэкологической оценки территории – выявление природных и антропогенных факторов возникновения экологической опасности и определение масштаба и интенсивности их проявления на конкретной территории. Особо охраняемые природные территории, являясь уникальными ландшафтами, используются как эталонные объекты мониторинга. При минимизированном техногенном воздействии результаты мониторинга на территории ООПТ будут показывать отклонение геоэкологических показателей в местности, окружающей их. Комплексная геоэкологическая оценка территории позволит составить перечень направлений исследований состояния среды, определит эталонные показатели и границы нормы.

Методология геоэкологического исследования включает в себя методы географии, экологии, биологии. Геоэкологическое исследование отличается от данных наук назначением результатов. В большинстве источников приводится классификация геоэкологических методов исследования на основе географического подхода. Необходимо определить более точную классификацию для развития методологии геоэкологического исследования. Перечисленные науки имеют общие черты классификации методов ис-

следования на общенаучные и частные, по времени появления – традиционные и новые. Современные методы геоэкологического исследования ООПТ включают в себя как новые методы, появившиеся благодаря технологическим прорывам, так и традиционные способы изучения территории, но с применением инновационных средств.

Для составления комплексной геоэкологической характеристики изучения особо охраняемых природных территорий используется комбинирование методов. Среди традиционных методов не изменилась роль описания, сравнения, картографирования, районирования, палеографического, ландшафтного. Данные методы обогатились за счет внедрения междисциплинарного подхода и усилили свою дифференциацию. Определим классификацию методов геоэкологического исследования с учетом специфики особо охраняемых природных территорий.

Картографический метод остается основным в демонстрации пространственно-временных особенностей территории. Данный метод преобразовался благодаря включению в него моделирования, математических расчетов, геоинформационных средств. Обогащение картографического метода происходит за счет дистанционных средств наблюдения. Среди новых методов выделились: картометрические модели, картографические модели, карты дистанционного зондирования. Метод создания геоинформационных моделей позволяет проводить гипотетические эксперименты по изменению состояния ООПТ без вреда для природы с выявлением оптимальных путей природопользования. Методы исследования средствами дистанционного зондирования позволяют оценить состояние природы в реальном времени на большой площади. Математическое картографирование направлено на выявление пространственных зависимостей.

Группа методов прогнозирования также имеет классификацию: фактологический, моделирование, экспертиза. Географический прогноз для ООПТ необходим для определения регулирования мер сохранения и восстановления среды, выявления распространения процессов по ареалам, интенсивности изменений. Прогнозирование изменений природных систем производится различными методами. По признаку информационного основания они классифицируются на три основных класса: фактологические методы, методы моделирования и экспертизы. Наиболее часто используемый – фактологический метод, сущность которого заключается в математической обоснованности связей между объектами, построении рядов данных с выявлением нового результата. К фактологическим методам относится метод экстраполяции, аналогий, функциональных зависимостей. Получаемые новые данные выражаются в виде графиков связей, уравнений регрессии, корреляционных таблиц. В последнее время для построения геоэкологического прогноза широко применяются методы моделирования. Прогноз составляется на основе исследований моделей природных и антропогенных систем. Методы экспертизы основаны на выявлении изменений природы путем изучения мнения экспертов [1].

Математические методы направлены на определение вероятности явлений и процессов, которые не имеют постоянных исходов. На территории ООПТ к таким явлениям относятся показатели климата, численность видов. Математические методы также оценивают степень устойчивости явлений, определяют абсолютные и относительные показатели, позволяют проводить анализ и синтез [1]. Основные методы, используемые в исследовании природных компонентов, – корреляционный, регрессионный, факторный, кластерный, информационный анализ, линейное программирование, теория графов.

Аэрокосмические методы в исследовании ООПТ показывают закономерности строения и развития географической оболочки в границах объектов, компонентов среды с помощью дешифрирования снимков [1]. Аэрокосмические методы позволяют дать визуальную оценку местности, уточнить границы и положение объектов. Аэрокосмические способы изучения на территории ООПТ используются для анализа метеорологиче-

ских, геоморфологических, геологических, почвенных, геоботанических, гидрографических объектов и явлений.

Геоинформационный метод из-за значительного количества решаемых им задач выделяется отдельно от картографического. Основная задача использования ГИС-технологий заключается в создании базы картографических данных. Базы данных имеют географическую привязку [2]. Результатом применения геоинформационного метода являются картографические материалы по ООПТ, проведение расчетов характеристик компонентов и объектов, вывод наглядных результатов по пространственным обобщениям в виде таблиц, схем, графиков.

Экспериментальные методы в исследовании ООПТ классифицируются на полевые и теоретические. Ключевым теоретическим экспериментом выступает моделирование. Моделирование при изучении ООПТ заключается в воспроизводстве моделей объектов, явлений, поведения, результатов взаимодействия с антропогенными компонентами. Модели позволяют определить факторы, влияющие на геоэкологическую ситуацию, динамику популяции видов, степень взаимодействия между компонентами экосистемы, интегральные показатели для устойчивого развития территории, уровня влияния антропогенной деятельности. Полевые эксперименты заключаются в проведении геофизических и геохимических исследований.

Геоэкологический метод продолжает разрабатываться [2]. Его суть заключается в определении степени комфортности и качества условий природной среды для человека. Данный метод рассматривает среду как совокупную взаимосвязь природно-антропогенной системы. Включает в себя приемы исследования на основе системного, экологического и гуманитарно-экологического подходов.

Из теоретических методов для исследования территории ООПТ играет роль анализ, который имеет сложную классификацию методов. Для геоэкологического исследования играют роль структурный и позиционный анализ. Структурный анализ рассматривает отдельные компоненты геосистем и явлений. Он направлен на выявление связей и особенностей влияния внутри системы. Сочетание положительных и отрицательных обратных связей, наблюдающихся в геосистемах, приводит к возникновению сложных «цепных реакций», к формированию свойств геосистем, которые невозможно объяснить и предсказать с помощью других видов анализа. Позиционный анализ используется для определения положения объекта геоэкологической системы относительно потоков вещества и энергии, природных и антропогенных компонентов в границах ООПТ. Позиционный анализ может отражать место вида в геосистеме, место ООПТ в системе природно-территориальных комплексов.

Методы биоиндикации определяют уровень качества состояния среды с помощью изучения определенных видов живых организмов. Основные примеры: биотический индекс и количество лишайников, состояние хвои, флуктуирующая асимметрия растений и животных, наличие видов-индикаторов в экосистеме, в том числе в почве, микробный состав водоемов, трофические свойства водоемов [2]. Биоиндикаторы выступают ярким показателем состояния природных комплексов, по ним определяется уровень допустимой нагрузки, численность популяций, фиксируются изменения. Метод биотестирования является одним из наиболее простых и доступных в осуществлении исследования. Биоиндикаторы не нарушают круговорот вещества и энергии в природных системах, отражают успешность природоохранных мероприятий. Для геоэкологического исследования биоиндикация выступает ключевым способом выявления состояния среды.

На основе проведенного анализа можем определить систему методов геоэкологического исследования особо охраняемых природных территорий (табл. 1).

Таким образом, методология геоэкологического исследования особо охраняемых природных территорий заключается в использовании теоретического, эмпирического, дистанционного, картографического, математического, индикаторного подходов и про-

гнозирования.

Таблица 1

Система методов геоэкологического исследования

Методический подход	Примеры методов
Картографический	Геоинформационный, картографическое моделирование, картометрия, дистанционное зондирование
Прогнозирование	Фактологический (метод баллов), моделирование, экспертиза
Математический	Корреляционный, регрессионный, факторный, кластерный, информационный анализ, линейное программирование, теория графов
Индикаторный	Биоиндикаторы
	Геоэкологический
Дистанционный	Аэрокосмический
Теоретический	Анализ (структурный, позиционный)
	Описание
	Сравнение
	Исторический (палеографический)
Эмпирический	Моделирование
	Полевое исследование (наблюдение, геофизические, геохимические)

Индикация – самый «безболезненный» и достаточно точный метод выявления качества ООПТ. Прогнозирование является результатом геоэкологического исследования. Дистанционные методы позволяют охватить большие по размерам территории, в том числе соседних с ООПТ территориями, для определения внешних факторов воздействия, а также изучения труднодоступных мест. Математические методы позволяют выявить геоэкологические тенденции процессов и явлений внутри комплекса, определить связи. Теоретические методы направлены на обоснование и описание состояния ООПТ. Эмпирические методы необходимы для определения путей рационального природопользования и развития системы. Картографические способы отображения геоэкологической ситуации дают наглядное представление о пространственном изменении показателей среды. Методы включают в себя как традиционные географические и биологические исследования, но и современные технологии безопасного исследования.

Методологию геоэкологического исследования ООПТ можем определить следующим образом: на этапе сбора данных – индикаторные, дистанционные методы; на этапе анализа – теоретические, математические методы, на этапе разработки предложений о природопользовании – эмпирические, прогнозирование, на этапе демонстрации предложений – картографические методы. Исследование состояния ООПТ с точки зрения геоэкологического подхода заключается не только в анализе природных характеристик и антропогенного влияния, но и определение направлений изменения в среде, выявлении путей природоохранной деятельности, рисков, значения ООПТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелутко В.А. Методы обработки и анализа геоэкологической информации /

В.А. Шелутко. – Санкт-Петербург: РГГМУ, 2020. – 296 с.

2. Ясовеев М.Г. Оценка основных подходов и методов геоэкологического исследования природно-техногенных систем / М.Г. Ясовеев, А.И. Андрухович // Экологический вестник. – 2013. – № 3. – С. 5-12.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТРУКТУРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО, ФУНКЦИОНАЛЬНО-ДИНАМИЧЕСКОГО И ЭВОЛЮЦИОННОГО НАПРАВЛЕНИЙ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

К.Н. Дьяконов

Diakonov.geofak@mail.ru

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия*

До сих пор актуальны слова В.В. Докучаев: "Изучались, главным образом, *отдельные* тела, – минералы, горные породы, растения, животные, – явления, отдельные стихии, – огонь (вулканизм), *вода, земля, воздух*, в чем ... наука и достигла ... удивительных результатов, но не их *соотношения*, не та *генетическая, вековечная*, и всегда закономерная связь, как существует между *силами, телами и явлениями*, между *мертвой и живой* природой, между растительными, животными и минеральными царствами, с одной стороны, человеком, его бытом и даже духовным миром – с другой. А между тем, именно эти *соотношения*, эти закономерные *взаимодействия* и *составляют* сущность познания *естества*, ядро истинной натурфилософии, – лучшую и высшую прелесть естествознания" [2, с. 317-318].

Но «заветы» В.В. Докучаева более чем за столетний период были реализованы далеко не полностью. Успешно развивалось структурно-генетическое направление и ареалогия однородностей, их картографирование и типология. А вот закономерные связи между компонентами природных систем во внутреннем ландшафтном пространстве (собственно функционирование геосистем), между неживой и живой природой и физико-химическая сущность иерархий больше декларировались.

Две науки взяли на себя смелость и ответственность развивать установки В.В. Докучаева: география почв (геохимия ландшафта) и ландшафтоведение. Далеко не все удалось ландшафтоведам. Сохраняя за ландшафтоведением традиционную сущность (изучение однородностей), следует формировать новое ландшафтоведение, прежде всего как часть науки о природе, т.е. геофизики и геохимии.

Направления ландшафтоведения (рис. 1). Центральная проблема ландшафтоведения – изучение пространственно-временной организации геосистем. Она понимается, во-первых, как процесс возникновения во времени и пространстве структуры исследуемых явлений (прерогатива генетического и эволюционного ландшафтоведения) и, во-вторых, как результат подобных процессов, выражающийся в наличие устойчивых форм системной упорядоченности. Процесс и его результат воплощаются в триаде «генезис и эволюция – структура – функционирование». Это основополагающего ядра ландшафтоведения. Формирование основных направлений и концепций происходило под влиянием развития естествознания, философии, общей теории систем, кибернетики и информатики. Сквозными методами всех направлений в ландшафтоведении выступают картографические, аэрокосмические, геофизические, геохимические, математические.

Структурно-генетическое направление. Рассматривает происхождение ланд-

шафта. Оформилось учение о морфологической структуре ландшафта (Г.Н. Высоцкий, Л.С. Берг, Л.Г. Раменский, Н.А. Солнцев, К.И. Геренчук). Важнейшее теоретическое положение, развитое в рамках структурно-генетической концепции, представление об иерархической организации пределов и в некотором пространстве характеризуется четырьмя относительно соподчиненных морфологических единиц ландшафта. Объекты ландшафтоведения – элементарные геосистемы – фации и их пространственные сочетания, характеризующиеся генетическим единством.

Фация, как известно, приурочена к одному элементу мезорельефа с одинаковыми свойствами: горными породами, экспозицией и крутизной склона и глубиной залегания первого водоносного горизонта. Направление достигло многих фундаментальных результатов. Обоснованы понятия и сущность морфологической структуры равнинных и горных ландшафтов, широтной и вертикальной зональности, секторности, азональности, интразональности, инверсии ландшафтов. Изучение структуры ландшафтов и их свойств всегда будет востребовано при ландшафтном планировании, оптимизации различных видов природопользования, особенно сельского и лесного хозяйств, оценке эстетике и дизайна ландшафта и др. В этом плане направление условно самодостаточно.

Методологическая основа

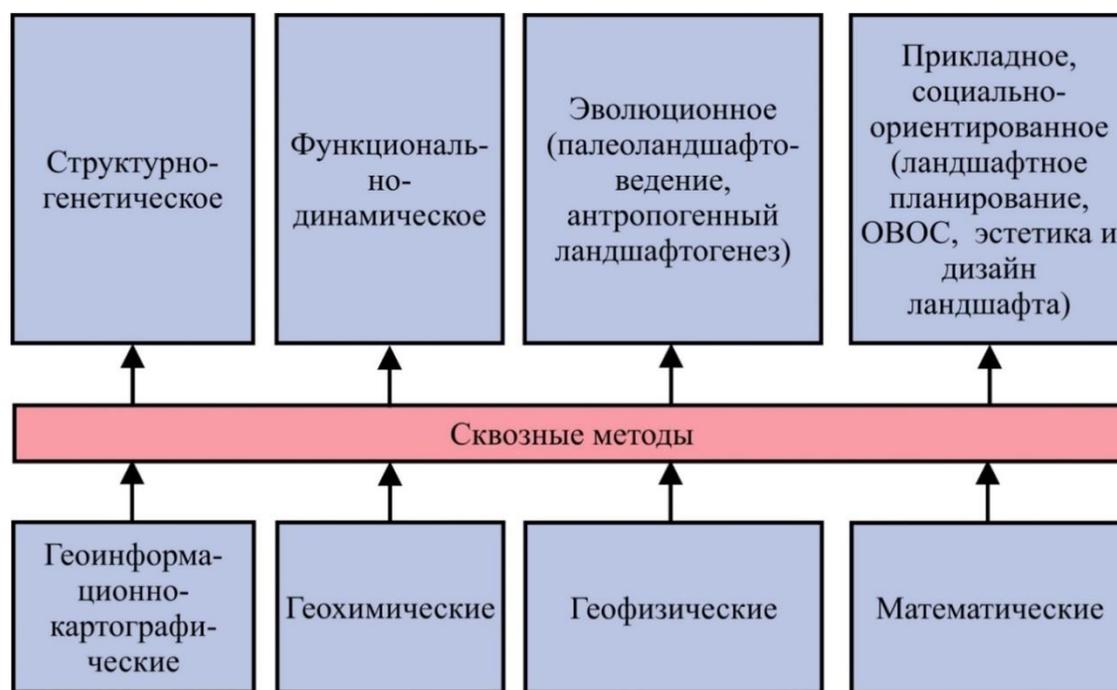


Рис. 1. Направления по предмету исследования и основные сквозные методы

Функционально-динамическое направление объясняет временную и пространственную организацию ландшафта, вертикальные и горизонтальные связи в геосистемах, описывает его актуальную жизнедеятельность. Элементарные природные процессы имеют физическую, геохимическую и биологическую природу. Далее они объединяются в группы, связанные с влагооборотом, биогеоциклом и абигенным массоэнергообменом. Эти группы процессов выступают основными составляющими функционирования ландшафтов. Объединение этих процессов образует единый физико-географический процесс (по А.А. Григорьеву) – процессы заболачивания, галогенеза

(засоления), опустынивания, оледенения, карстообразования и др. В начале 21-го века было предложено называть его интегральным физико-географическим процессом [4].

У А.А. Григорьева [1] есть важное указание на то, что должно быть показателями интегрального физико-географического процесса. Это приходо-расходный баланс неорганического и органического вещества.

Физический монизм в географии. **Физика и география** – две науки об окружающем нас мире. И два самостоятельных мира, мира глубоко индивидуальных, отмеченных особым видением реальной действительности. Физика и география – два различных стиля мышления. Два различных пути. Но пути, ведущих к одной цели – познанию единой природы, а значит, в перспективе сближающихся. Еще в 1650 г. Б. Варениус в своей «Всеобщей географии» предпринял первую попытку приобщить географию к физике. *Элементарной ячейкой* функционирования выступают фации, речные бассейны I-го порядка, сопряженный ряд фаций – подурочища или катены, парагенетические комплексы, а также другие геосистемы, целостность которых обусловлена горизонтальными потоками вещества и энергии. Перечисленные объекты изучения характеризуются многими свойствами, о чем можно судить по количеству информации в общепринятом бланке описания ландшафтной фации. **Физический монизм** – объяснение строения различных объектов с единых физических позиций [3, 6]. Для функционального направления очень важным было внедрение системного подхода. А.Ю. Ретеюм [7] детально рассмотрел различия в однородности и системности. В.Н. Солнцев, следуя В.В. Докучаеву, предложил выделять понятия «*связь-отношение*» и «*связь взаимно-действие*».

Связь-отношение – форма связи, не требующая обязательного объяснения физической сущности причинности связей. Примеры: болезни и метеорологическая и астрофизическая зависимость людей от активности Солнца, новолуния и полнолуния, резкого падения или понижения атмосферного давления. Внутригеосистемные и внешние факторы влияния. *Связь физико-географической зональности с радиационным индексом сухости – связь-отношение – нет обратной связи!*

Связь-взаимодействие – это процесс взаимного воздействия объектов (через потоки вещества и энергии), протекающий в реальном ландшафтном пространстве-времени и выраженный в определенном ходе (последовательности) событий, которые происходят с веществом и энергией на этом участке пространства. Связь-взаимодействие – процесс осуществления связи, предстающий в виде цепи вещественных причин и следствий в конкретном месте и в конкретный момент времени, изучаемый прежде всего методами геофизики и геохимии ландшафта.

Состояние, базовое понятие – положение геосистемы (фации) в многопризнаковом пространстве и во времени. Исследователи ландшафтной школы В.Б. Сочавы использовали понятие природные состояния (режимы) или переменные состояния геосистем. *Элементарное состояние* – внутрисуточное, далее оно неделимое, в пределах некоторого интервала времени все свойства (характеристики) фации относительно одинаковы. Наблюдения в поле неизбежны, но важная роль принадлежит аэрокосмическим методам.

Состояние геосистем – соотношение параметров структуры и функционирования. Состояние описывается не очень строгим набором параметров, которые подразделяются на «входные воздействия» (солнечная радиация, температура воздуха, атмосферные осадки), и которые трансформируются в «выходные функции» (испарение, затраты энергии на водный сток, сток взвешенные и влекомые наносы, фито- и зоопродуктивность и т.д.). Однородное внутрисуточное состояние – единица измерения ландшафтного времени. Состояния иерархичны, как и ландшафтное пространство. Структура ланд-

шафта во времени – это упорядоченность смены его состояний. Выделяют внутрисуточное, суточное, сезонные, годовые, внутривековые состояния геосистем. Разновременные состояния по общности функционирования объединяют в типологические группы – классы, типы, роды, виды. Пространственно-временная организация геосистем – их устойчивая упорядоченность, структуризованность во времени и пространстве, проявляющаяся на земной поверхности в форме разнокачественных индивидуальных геосистем разного таксономического ранга и в закономерном чередовании их суточных, сезонных, годовых, внутривековых микро-, мезо- и макросостояний (режимов функционирования).

В географии, а не только физической, имеются четыре различных понимания целого. *Функциональная целостность* – актуальные вертикальные и горизонтальные потоки вещества и энергии, прежде всего водные, биологический круговорот на потоке солнечной и гравитационной энергии. *Генетическая целостность* обусловлена морфолито-генной основой ландшафта. Примеры: серия моренных холмов и ложбин стока, карст. *Геотехнические системы* – образования физико-географической размерности, у которых природные и технические части настолько тесно взаимосвязаны по потоками вещества, энергии и информации, что функционируют в составе единого целого. Пример: – мелиоративные осушительные и осушительно-обводнительные сооружения. В основе *социально-экономического и политического единства* главное – это управление и различные взаимные связи в различных направлениях на основе конституции, договоров, соглашений. Устойчивость геосистем – это их способность поддерживать значения своих параметров и свойств, которые не превышают пороговые величины (инвариант). Эти величины выражаются через структурные и функциональные характеристики. Стабилизирующая динамика (саморегулирование) – это нейтрализация воздействий, которые способны разрушить геосистему и в ее основе лежат отрицательные обратные связи (принцип *Ле Шателье – Брауна*); поэтому можно говорить об элементах гомеостаза в природных геосистемах (В.Б. Сочава, А.Д. Арманд, К.Н. Дьяконов).

Ландшафтной оболочке, как и биосфере, присущ волновой и разночастотный характер внешних физических факторов формирования геосистем и колебательный характер процессов их внутреннего пространства. Принцип хроноорганизации по В.Н. Солнцеву: процессы разной длительности, подобно процессам разного пространственного масштаба, характеризуются качественным своеобразием, приводящим к возникновению в объектах, охваченных этими процессами, новых свойств. Поэтому внутри и межвековая хроноорганизация процессов (биопродукционного, местного стока рек) может распадаться на ряд периодов, где степень синхронности в разных фациях может быть различной, из-за изменения во времени факторов, определяющих и лимитирующих интенсивность этого процесса. Это следствие закона лимитирующего фактора. Функционально-динамическое направление целиком опирается на системный подход, используя методы геохимии и геофизики ландшафта. Репрезентативный ландшафтный прогноз их динамики и эволюции (саморазвития) основывается на принципах этого направления.

Эволюционное направление. Основывается на базовых принципах палеогеографии: историзма, принципа взаимосвязи эволюционного и конкретно-территориального подходов; метахронности ландшафтов, вытекающей из полихронности его компонентов (А.А. Величко, М.Ф. Веклич, В.А. Николаев). Палеоландшафтная концепция находится в начальной стадии развития и ее первые положения сформулированы на базе исследования голоценовой эволюции верховых болот водно- и мореноледниковых ландшафтов лесной зоны (Т.А. Абрамова, К.Н. Дьяконов). Изучает процессы формирования, динамики и развития ландшафтов, происходящие под воздействием ан-

тропогенного фактора и закономерности взаимодействия природы и общества на локальном и региональных уровнях. В эволюции ландшафта присутствует три составляющие: абиогенная, биогенная и антропогенная. Абиогенная – стремится к равновесию, к эквифинальному состоянию, к росту энтропии, что показал В.М. Дэвис в теории пене-плена. Биогенная составляющая неравновесна, т.к. биота накапливает превратимые формы солнечной энергии и создает их запас – *эксергию* (В.И. Вернадский, Г.Ф. Хильми). Главная антропогенная составляющая – управление (мониторинг (контроль) и регулирование), а поэтому снижает энтропию ландшафтной оболочки, снижает хаос, упорядочивая ее.

Антропогенный ландшафтогенез – направление, которое получило развитие в конце XX в., в начале XXI [5]. Антропогенная эволюция ландшафтов – направление на стыке ландшафтоведения, геоэкологии, истории, археология и др. Главной целью выступало установление закономерностей формирования ландшафтов, включающее изучение их структуры, выявление особенностей естественной и антропогенной динамики и установление путей их развития.

Задачи: выявление антропогенных изменений в ландшафтах, приводящих к смене самих ландшафтов; установление «нулевой» точки отсчета антропогенных изменений – начальных изменений, происходящих под воздействием человека и приводящих к антропогенным сменам; установление на этой основе возраста антропогенным производных ландшафтных комплексов, конкретных видов и систем природопользования в ландшафтах, так как именно последствия природопользования и приводят к антропогенной динамике ландшафтов и формированию антропогенных, культурных и культурно-исторических ландшафтов; разработка ретроспективных моделей взаимоотношений человека и ландшафта в конкретных зонально-ландшафтных условиях на конкретные хроносрезы для лесных, лесостепной и степной зон.

Вывод. Рассмотренные три крупных направлений в ландшафтоведении взаимосвязаны. Наиболее ярко эта связь проявляется в геоэкологическом проектировании и его «сердцевине» – оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС), основной части проектной документации. В начале текущего столетия нами были рассмотрены основные интегрирующие функции ландшафтоведения [5]. Первый уровень реализации интегрирующих функций – синтез научного знания внутри самого ландшафтоведения. Основная задача этого уровня – соединить три фундаментальных направления: структурно-генетическое, функциональное и эволюционное, которые образуют основополагающее ядро науки. Прежде всего это необходимо для социально-ориентированного направления и создания базы единой географии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А.А. Предмет и задачи физической географии / А.А. Григорьев // На методологическом фронте географии и экономической географии. – М.; Л. Соцэкгиз, 1932. – С. 45-59.
2. Докучаев В.В. К учению о зонах природы / В.В. Докучаев // Избр. Соч. Т. 3. М.: Сельхозгиз, 1949. – С. 317-329.
3. Дьяконов К.Н. Географические законы и их физическая сущность / К.Н. Дьяконов. – Вопр. геогр. № 117. – М.: Изд-во «Мысль», 1981. – С. 28-40.
4. Дьяконов К.Н. Взаимодействие структурного, эволюционного и функционального направлений в ландшафтных исследованиях / К.Н. Дьяконов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 2002. – № 1. – С. 13-21.

5. Дьяконов К.Н. Интегрирующие функции ландшафтоведения / К.Н. Дьяконов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 2007. – № 1. – С. 3-7.

6. Низовцев В.А. Антропогенный ландшафтогенез: предмет и задачи исследования / В.А. Низовцев // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 1999. – № 1. – С. 6-30.

7. Ретеюм А.Ю. Физический монизм в географии. / А.Ю. Ретеюм – Вопр. геогр. № 117. – М.: Изд-во «Мысль», 1981. – С.11-28.

ЛАНДШАФТНО – ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС ДОЛИНЫ ВЕРХНЕГО ДОНА

Е.В. Жигулина
evkand@yandex.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Долинно-речные ландшафты играют важную роль в сохранении природной среды и обеспечении комфорта для населения. Изучение структурно-динамической организации и функционирования долины Верхнего Дона необходимо для оптимального экологического состояния и устойчивого развития ландшафтов Воронежской области. Для обеспечения оптимального экологического состояния и устойчивого развития природно-территориальных комплексов необходимо создание ландшафтно-экологического каркаса.

Исходя из геосистемной концепции, ландшафтно-экологический каркас рассматривается как целостная экологическая система, включающая в себя несколько групп функционально связанных элементов. Эта система состоит из ядер, экологических коридоров, буферных зон и малоразмерных объектов охраны природы, каждый из которых выполняет определенную средообразующую функцию [6]. Ядра предназначены для поддержания ландшафтно-экологического равновесия и разнообразия, а также для оказания позитивного влияния на окружающую среду. Однако критерии выбора ядер не до конца определены. ООПТ и другие природные объекты с высоким ландшафтным разнообразием и экологическим потенциалом являются лучшими кандидатами на роль ядер. Экологические коридоры играют важную роль в перемещении компонентов между ядрами и взаимодействии между ними. Буферные зоны, в свою очередь, препятствуют негативному воздействию антропогенных факторов на ядра и экологические коридоры, обеспечивая им защиту. Малоразмерные объекты охраны природы присутствуют в каркасе с целью сохранения и развития уникальных природных комплексов и предотвращения их деградации. В качестве основных элементов сохранности ландшафта выделяются ядра, которые объединяют наиболее сохраненные долинно-речные ландшафты, инсультные лесные массивы междуречий, зональные эталонные ландшафты плакоров и другие [5].

В рамках регионального уровня ландшафтные каркасы формируются из конкретных ландшафтных местностей, которые объединяются на основе территориальной, географической, морфологической и биологической схожести. Однако ядра межрегионального уровня играют главную роль в формировании единой ландшафтно-экологической сети регионов. Ядра здесь имеют возможность создавать, контролировать и обеспечивать основные потоки вещества, которые оказывают воздействие на экологические условия смежных регионов.

Для того чтобы обеспечить успешное функционирование ландшафтно-экологического каркаса, требуются связи между ядрами. Необходимо создание сети экологических коридоров и присвоение им статуса особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Экологические коридоры предназначены для транспортировки основных потоков вещественного и энергетического обмена между ядрами.

В целом, управление ландшафтно-экологическими каркасами требует интеграции и координации межрегиональных ядер, обеспечения их устойчивости и защиты, связи с другими экологическими системами и учета потребностей и интересов всех участников процесса.

Долина Дона и ее притоки являются естественными экологическими коридорами в ландшафтно-экологическом каркасе. Так, долина реки Дон относится к коридору третьего уровня, которая существует на межрегиональном уровне. В свою очередь, долины крупных притоков реки Дон могут рассматриваться как коридоры регионального уровня. Овраги-балки, лесополосы и долины мелких рек представляют экологические коридоры локального уровня.

Нами разработана модель ландшафтно-экологический каркас долины Верхнего Дона в Рамонском районе Воронежской области. Долина реки Дон в пределах Рамонского района, в соответствии с физико-географическим районированием ЦЧО протекает по территории лесостепной провинции Окско-Донской равнины, в пределах левобережного придолинно-террасового района типичной лесостепи [1]. В ландшафтно-типологическом отношении долинно-речной комплекс представлен 3 типами местности: пойменный, надпойменно-террасовый и склоновый [2,3].

Пойменный тип местности включает в себя днище реки Дон и затопливаемую территорию в половодье. Данный тип местности занимает 10465 км² (26,06%). Ведущим фактором в функционировании пойменного типа местности является река Дон. На исследуемой территории она представлена в большинстве своем урочищами песчаного средне глубокого (до 5 м) речного русла на аллювиальных отложениях. В пойме расположены крупные урочища разнотравных пойменных лугов со слоисто-зернистыми суглинистыми почвами и урочища кострово-разнотравных лугов. На низкой пойме чаще расположены сильно задернованные урочища на пойменном аллювии, занятые зарослями терна. Леса и луга поймы оказывают огромное влияние на предупреждение эрозионных процессов, а также имеют значение для хозяйства, прежде всего из-за запасов древесины. На высокой пойме встречаются пашни, урочища малоэтажной сельской селитьбы со слоисто-зернистыми суглинистыми почвами.

Надпойменно-террасовый тип местности формируется в условия речных долин и включает в себя весь спектр надпойменных террас. Верхние донские террасы давно приобрели признаки водораздела. Занимает тип местности на представленной территории 18013,5 км² (44,86%). Здесь чаще всего располагаются урочища малоэтажной сельской селитьбы, пашни, встречаются урочища снытьевых суборей с серыми лесными почвами.

Склоновый тип местности на исследуемой территории занимает 11676,8 км² (29,08%). Представлен он наклонными поверхностями крутизной более 3°. Для Рамонского района Воронежской области характерна невысокая густота эрозионного расчленения – 05-0,7 км (средняя ширина склонов водосборов). Здесь расположены чаще всего: урочища плотной малоэтажной застройки сельского типа на коренном склоне речной долины с черноземами выщелоченными; урочища лугов на коренном склоне с черноземами выщелоченными; урочища балок на склонах речной долины с черноземами выщелоченными [3].

Так, в Рамонском районе Воронежской области ядрами локального уровня выступают памятник природы областного значения «Кривоборье» на севере района и участок памятника природы регионального значения «Озеро Круглое». К ядру межрегионального уровня целесообразно отнести участок государственного природного биосферного заповедника им. В.Н. Пескова, занимающий восточную часть района. Ядрами регионального уровня были выбраны участок реки Воронеж, являющийся региональным памятником природы и территории, и часть Воронежской нагорной дубравы. Коридорами в Рамонском районе Воронежской области выступают долины рек, а также балки второго и первого порядка. Крупными коридорами являются долины рек Дон и Воронеж. К более мелким коридорам можно отнести реку Большая Верейка с ее притоками, а также реку Трещевка [4].

Таким образом, выявленные особенности размещения ядер и коридоров ландшафтно-экологического каркаса в пределах Рамонского района Воронежской области показывают слабое развитие сети ООПТ. Кроме того, разработанная схема ландшафтно-экологического каркаса долины Верхнего Дона (рис.1) показала, что современная сеть ООПТ не образует единой системы и не способствует оптимизации и стабилизации ландшафтно-экологической обстановки в пределах района.

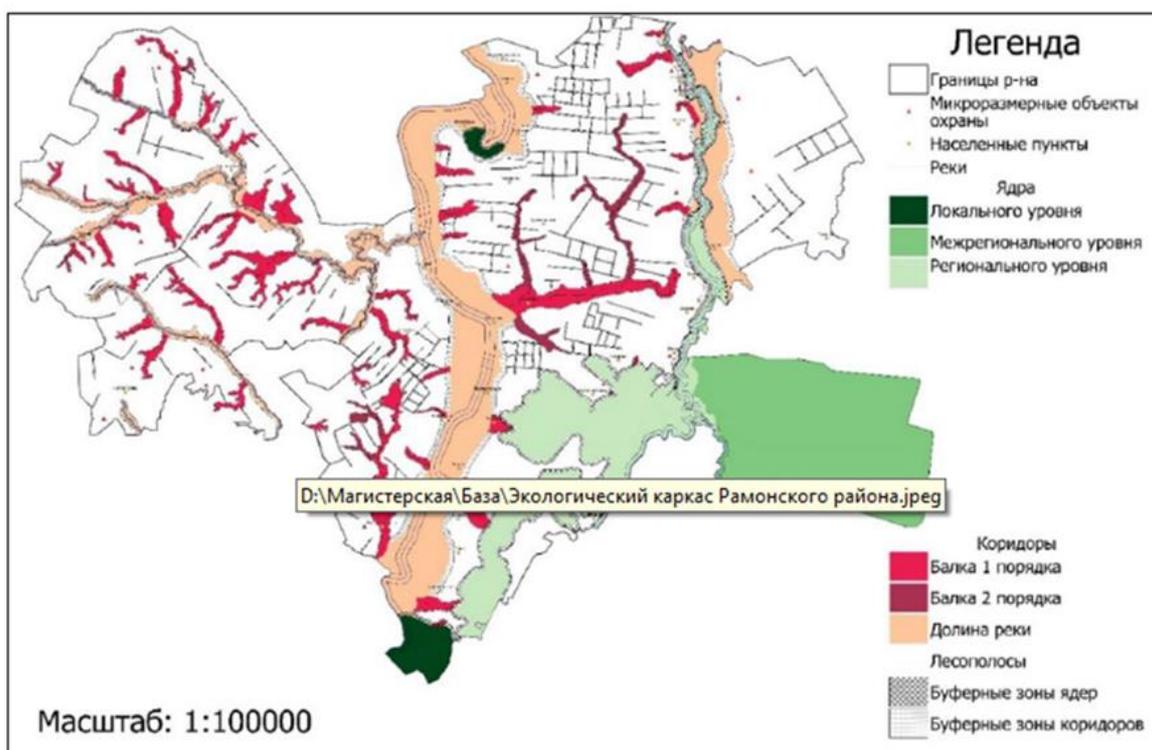


Рис. 1. Ландшафтно-экологический каркас долины Верхнего Дона в Рамонском районе Воронежской области

В настоящее время существует необходимость в оптимизации ландшафтов долины реки Дон для повышения их производительности и улучшения ландшафтно-экологической обстановки, поэтому требуется индивидуальная оценка свойств каждого типа ландшафта для дальнейшей регулировки планируемых хозяйственных нагрузок. Учет естественных и антропогенных факторов позволит оценить ландшафтно-экологическое состояние, а создание правильной системы ландшафтно-экологического

каркаса долинно-речных ландшафтов будет способствовать рациональной организации исследуемой территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долина Дона: природа и ландшафты / Под ред. Ф.Н. Милькова. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1982. – 159 с.
2. Жигулина Е.В. Ландшафтная характеристика долины реки Дон на северной окраине городского округа города Воронежа / Е.В. Жигулина, В.В. Свиридов // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. 7-е Мильковские чтения Воронежа, 2023. – Т. 2. – С. 228-230.
3. Жигулина Е.В. Ландшафты долины реки Дон в Рамонском районе Воронежской области / Е.В. Жигулина, К.Р. Спицына // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования. – Красноярск. – 2021. – Вып. 16. – С. 44-46.
4. Жигулина Е.В. Ландшафтно-экологический каркас Рамонского района Воронежской области / Е.В. Жигулина, К.Р. Спицына // Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования. – Воронеж, 2023. – С. 47-51.
5. Жигулина Е.В. Особенности использования ландшафтно-географического подхода к формированию экологического каркаса Россошанского района Воронежской области // Е.В. Жигулина, Л.А. Межова // Астраханский вестник экологического образования. – 2022. – № 5 (71). – С. 77-83.
6. Михно В.Б. Геосистемный подход к формированию стабилизирующей ландшафтно-экологической сети Центрального Черноземья / В.Б. Михно, А.С. Горбунов, О.П. Быковская, В.Н. Бевз // Вестник Удмуртского университета. Серия. Биология. Науки о Земле. – 2018. – Т. 28, № 1. – С. 64-76.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРНЫХ РАВНИН И ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЯНГЯБИЗСКОГО ХРЕБТА И ОКРУЖАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Г.А. Иманова

gulsareimanova@mail.ru

*Министерство науки и образования Азербайджанской Республики
Институт географии имени акад. Г.А.Алиева, г. Баку, Азербайджан*

На хребте Лянгябиз и прилегающих районах полупустынный ландшафт распространен в низовьях реки Пирсаат, в южном и восточном Гобустане на высоте от 200 м до 600 м, а ксерофитные сухие степи горных равнин распространены от абсолютной высоты около 500-700 м до высоты 800-900 м. Ксерофитные сухие степи горных равнин в большей степени пострадали от сельскохозяйственной деятельности человека. Распространение на территории плодородных черноземов и различных подтипов буроземов создало благоприятные условия для посевов, преимущественно зерновых, люцерны и некоторых овощных культур, которые коренным образом изменили естественную растительность территории района. Можно предположить, что этот тип ландшафта существовал до антропогенной трансформации под лесным ландшафтом, представленным лесообразующими под дубами и дуба-грабами. В таких лесах широко распространены такие кустарники, как боярышник, аргайл, шиповник,

кизил, клюква, вишня, очиток европейский в более тенистых местах, а на каменистых и открытых местах распространены кустарники сорго и сумаха. Рельеф полупустынного ландшафта имеет сложное строение и резко расчленен. В зависимости от возраста брекчий на склонах грязевых вулканов, направления склонов и др. формировались различные ландшафтные комплексы. Грязевые вулканы и их периодическая деятельность оказывают коренное влияние на дифференциацию ландшафта. В последние 15-20 лет растительный и почвенный покров не мог сформироваться на кратерах и брекчиевых потоках вулканов, извергавшихся в указанных годах. Растительность также не развита в активных районах наличия грифонов и сопков. На южных склонах с более фрагментированными бедлендами сформировался разреженный осоковый эфемерный ландшафт, а на слабо фрагментированных северо-восточных склонах сформировался густо-полынный эфемерный ландшафт [1,5]. Под совокупным влиянием вышеперечисленных природных факторов на Лянгябизском хребте и прилегающих территориях распространен ряд типов ксерофитных сухих степей и полупустынных ландшафтов горных равнин.

Ксерофитные сухие степи горных равнин имеют большую площадь (9587,67 га или 16,58%), где распространены клевер, лисохвост, редкий терновник с веламиром и кусты шиповника на мощных горных черноземах, преобразованных в виноградники на холмистых водоразделах в пределах соответствующего ландшафтного типа. Показатели остальных типов ландшафта составляют 0,14 % (клюквенные, грушевые, боярышничково-полынные и лесные заросли на среднемоощных смытых бурых горно-лесных почвах на умеренно расчлененных пологих склонах) и 7,97 % (мощные смытые на нефрагментированных пологих склонах речной долины колеблются между полынью, азатом, редкими кустами груши) на горных бурых почвах.

В пределах полупустынного ландшафта, в брекчиевых почвах умеренно расчлененных низкогорных склонов, большую площадь имеет ландшафтный тип фенхелевого, полынного, частично ежевичного, укусного, мясистого солончакового ландшафта (6013,19 га или 18,61%) 13,64% – интенсивная. Это полупустыня полынная, фенхелевая, разреженная мясисто-засоленная, ежевичная на серо-брекчиевых почвах на склонах расколотого вулкана. Остальные типы ландшафтов распространены почти равномерно.

Климатические показатели ксерофитных сухих степей Лянгябизского хребта и прилегающих территорий следующие: среднегодовая температура (T^0 С), годовое количество осадков (мм), сумма 10^0 верхних температур и др. Климат территории умеренно-жаркий. Среднегодовая температура 11,0-11,5⁰ С, средняя температура самого жаркого месяца (июля) 21⁰ С, среднемесячная температура самого холодного месяца (января) 0-4⁰ С. Средний показатель атмосферных осадков колеблется в пределах 600-650 мм. Сумма температур воздуха выше 10⁰С по району составляет 3400-3700⁰ С. Годовая относительная влажность составляет 65-70%. Количество солнечных часов в году не превышает 2200 часов.

В районах распространения полупустынных комплексов на Лянгябизском хребте преобладает сухой субтропический тип климата. Здесь общее годовое количество радиации составляет 128 ккал/см². Годовая величина радиационного баланса составляет 45-50 ккал/см², основная часть которого приходится на теплый период года (38-40 ккал/см²). Средняя температура самого жаркого месяца колеблется в пределах 24,5-27,0⁰С, а средняя температура самого холодного месяца составляет 0-3⁰С. Сумма положительных годовых температур выше 10⁰С составляет 4500⁰С, снижаясь к северо-западу до 4200⁰С [7].

Ксерофитные сухие степи горных равнин характеризуются интенсивным,

умеренным и слабым расчленением рельефа. К этому типу относятся речные долины, террасы, водоразделы, эрозионные склоны, овраги, рассеченные узкие долины, оползни и т. д. характерные формы рельефа. На территории преобладают морские отложения палеоген-неогенового возраста – песчаники, известняки, глины, сланцы и др. Важнейшим показателем экологического потенциала ландшафта местности являются показатели его наклонности (рис 1).

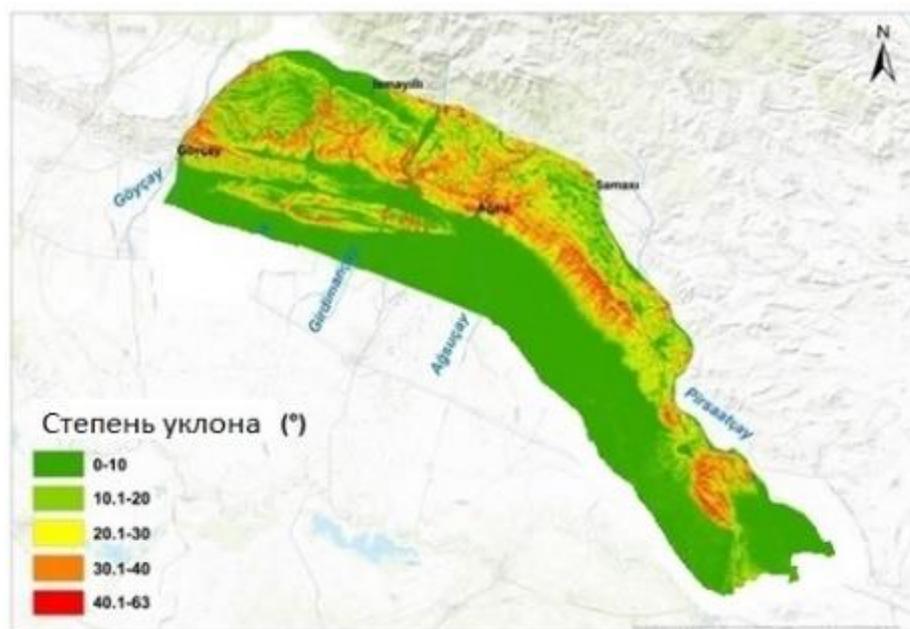


Рис. 1. Карта наклонов Лянгябизского хребта и прилегающих территорий

Как видно, отдельные типы ландшафтов расположены на участках с различной степенью наклона: 50 (0-100)-68,17% этих ландшафтов или 39407,85 га; 150 (10-200) – 20,41% или 11797,51 га; 250 (20-300) – 11,42% или занимали площадь 6602,7 га. Различные типы полупустынного ландшафта на Лянгябизском хребте и прилегающих районах расположены на участках с разной степенью наклона: этот ландшафт составляет 10-200(150)-47,4% или 15326,74 га; 0-100(50) – покрыто 52,56% или 32309,02 га.

Типичные горные бурые коричневые и карбонатные горные черноземы характерны для типов ландшафта в пределах ксерофитных сухих степей горных равнин Лянгябизского хребта и прилегающих территорий [3].

Типичные горные буроземы распространены на площади 5561,62 га. Эти почвы образовались на известняках, известняковых конгломератах, мергелях или делювиальных и пролювиальных породах с щебнистыми глинистыми карбонатами. Их используют для посадки, скашивания и уборки урожая в природных хозяйствах. Они отличаются от типичных бурых горно-лесных и серо-бурых горно-лесных почв по ряду морфогенетических признаков. В результате проведенного анализа установлены следующие типы этих почв.

- густой, типичный горный коричневый;
- средней толщины, типичный горно-коричневый;
- плоский горный коричневый.

Гранулометрический состав почвы по профилю глинистый и

тяжелосуглинистый. Поскольку типичные горные бурые почвы возникли в недавнем прошлом из-под леса и сформировались под травянистой растительностью, морфогенетические характеристики этих почв имеют как лесные, так и степные характеристики.

Содержание гумуса в верхнем слое типичной горной бурой почвы колеблется в пределах 2,79-4,19% и постепенно снижается к нижним слоям профиля до 1,12-1,89% в зависимости от мощности профиля. По гумусу общее содержание азота в верхних слоях колеблется от 0,21 до 0,31%. К нижним слоям профиля этот показатель постепенно снижается и колеблется в пределах 0,15-0,21%. Верхний слой этих почв отмыт от карбонатов. Карбонаты наблюдаются в нижних слоях и их количество колеблется в пределах 16-18%. Значение pH варьируется от 6,8 до 8,0. В 100 г буроземов типичных общее количество поглощенных оснований составляет 26,0-36,0 мг.экв. Другой типичный подтип почвы для ландшафтов низкогорных равнин Лянгибизского хребта и прилегающих территорий — карбонатный горный чернозем.

Карбонатные горные черноземы распространены на Лянгибизском хребте на высоте 700-800 м над уровнем моря под ксерофитными сухими степями там же, где и типичные горные буроземы, но на относительно менее наклонных и относительно влажных северных склонах. Рельеф территории распространения этих почв представляет собой относительно ровные и слабо фрагментированные горные склоны, покрытые разнообразными лесами. Мощность гумусового слоя этих почв составляет 0-50 см и постепенно уменьшается до относительно нижних слоев. Структура почвы в верхнем слое преимущественно зернистая, а в глубину — ореховидная. Почвы по гранулометрическому составу суглинистые. Показатель карбонизации варьируется примерно в пределах 15-20%. Количество общего гумуса колеблется от 4-5% в посадочном слое до 0,9-3,9% в подпосадочных слоях в зависимости от глубины залегания горизонта. По гумусу общий азот в верхних слоях составляет 0,30-0,47%. Карбонатные горные черноземы хорошо обеспечены катионами. Сумма поглощенных оснований составляет 31-36 мг-экв в посевном слое этих почв, где количество катиона Са велико и колеблется в пределах 8,56-33,20% по всему профилю. Соотношение C:N колеблется от 4,9 до 6,9. Величина pH составляет 8,1-8,5.

Для полупустынного ландшафта Лянгибизского хребта и прилегающих территорий характерны серые, серо-бурые почвы и брекчиевые образования.

В ареале Лянгибиза серые почвы распространены на относительно плоских и гладких участках. Эти почвы используются для посадки, сбора урожая, частичного скашивания и зарослей кустарников на естественных сельскохозяйственных территориях. Некоторые из этих почв также используются под орошаемое земледелие. Цвет сероземов серо-коричневый, отличается мелкой глинистой структурой. Показатель pH в серых почвах варьирует по профилю от 7,5 до 8,4. Количество общего гумуса в этих почвах в верхних слоях находится в пределах 1,20-1,35%, а количество общего азота в почвенном слое – 0,21-0,23% по гумусу. Почвы карбонатизированы по всему профилю и варьируются в пределах 5,9-8,2%. Карбонаты постепенно увеличиваются по профилю. Поглощительная способность серых почв в посевном слое варьирует от 18,4 до 26,0 мг.экв, с небольшими колебаниями по всему профилю.

Серо-коричневые почвы создали комбинации с непочвенными производными в ареале Лянгибиза и прилегающих районах. Слабо развитая растительность привела к низкому поступлению органического вещества в почву [1,2]. Гранулометрический состав этих почв глинистый и тяжелоглинистый. Количество физической глины в серо-бурых почвах колеблется в пределах 61-73%. Количество глинистых частиц колеблется

в пределах 16-17%. Количество гумуса в этих почвах колеблется от 1,0-1,1% в верхних слоях профиля до 0,16-0,99% по всему профилю. По количеству гумуса количество азота в верхних слоях профиля составляет примерно 0,12-0,14 %, а по всему профилю колеблется в пределах 0,09-0,12 %. уровень карбонатности в этих почвах составляет 8,2-8,9 %, а уровень pH равен 8. Он варьируется в пределах 1-8,3 [4].

Благоприятные рельефные, климатические и почвенные условия приводят к более высокому удельному весу населенных пунктов, дорог, линий связи и других искусственных объектов, а также сельскохозяйственных территорий, особенно пахотных земель и многолетних культур в пределах ландшафтного типа [2,6].

Общая площадь территорий под населенными пунктами, дорогами, тропами, линиями связи и т.п. равна 1002,25 га, что составляет 1,73% площади ландшафта.

Общая площадь посевов 6132,98 га, что составляет 10,61% территории. Удельный вес сельских земель, используемых под покосы и выпас скота, в районе охватывает большие площади (20022,66 га или 34,64%) по сравнению с другими (сельскохозяйственные культуры, многолетние культуры).

Среди антропогенных факторов в полупустынном ландшафте заметно влияние на ландшафтные комплексы населенных пунктов, дорог, линий связи и других антропогенных объектов, а также сельскохозяйственных мест, особенно сельскохозяйственных угодий. Таким образом, 4657,66 га или 14,42% территорий этого ландшафтного типа подверглись антропогенной нагрузке.

Однако в некоторых типах ландшафтов пахотные земли и пастбища имеют высокий удельный вес. На территории имеются населенные пункты, линии связи и искусственные объекты других категорий. Их общая площадь составляет 190,38 га, что составляет 0,59% площади. Тип ландшафта с наибольшим экологическим потенциалом на Лянгибизском хребте – слаборасчлененный, с пологими невысокими склонами гор и мощными типичными горными бурыми почвами – клевер, полынь, азат овсюговые степи (100 баллов), а тип ландшафта с наименьшим экологическим потенциалом – слаборасчлененные холмисто-волнистые кратеры грязевого вулкана на серовато-бурых почвах с кремневыми, уксусными, мясистыми солончаковыми полупустынями (16 баллов). Среднее значение экологического потенциала, выраженное в баллах, составило 34 балла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев М.П., Гурбанов Э.А., Гасанов В.Х., Деградация и охрана земель в Азербайджане. – «Наука», Баку, 2010. – 216 с.
2. Будагов Б.А., Гарибов Я.А. Влияние антропогенных факторов на формирование ландшафтов Азербайджана // Доклады АН Аз.ССР. – Баку: 1980. – № 12. – С. 62-66.
3. Исмаилов Б.Х., Иманова Г.А. Влажный режим почвы и деревьев в лесных экосистемах Юго-Восточной части Большого Кавказа // Материалы Республиканской научной конференции, посвященной 70-летию кафедры «Физическая география» и 40-летию кафедры «Гидрометеорология». – Филиал БГУ Азербайджанского географического общества, Баку, 2013. – С. 568-572.
4. Иманова Г.А. Диагностические показатели экологического состояния каштановых (серо-бурых) почв хребта Лянгибиз Большого Кавказа // Вестник Кемеровского государственного университета, серия: биологические, технические науки и науки о земле. – 2017. – №2 (2). – С. 51-54.
5. Иманова Г.А. Выбор критериев экологического потенциала лесного ландшафта

низменности Лангембизского хребта // Материалы научной конференции по взаимоотношениям человека и окружающей среды. – Баку: Азербайджанское географическое общество, 2017. – С. 130-135.

6. Гарибов Ю.А. Антропогенная трансформация современных ландшафтов Азербайджанской Республики. – Баку: Марс Принт, 2011. – 300 с.

7. Сафаров С.Х. Современные изменения климата и Азербайджан. – Баку: Зия, 2011. – 312 с.

ФИТООПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В ДОНБАССЕ НА ПРИМЕРЕ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Ю.С. Калинина, Р.А. Сафонов
yu.kalinina91@mail.ru

Донецкий государственный университет, г. Донецк, Россия

Горнодобывающая промышленность на разных этапах освоения Донбасса сформировала условия трансформации ландшафтов. Наиболее значимыми и часто встречающимися эффектами (последствиями) работы угольных шахт являются их отвалы – терриконы и терриконники (в зависимости от морфологии), которые в своей совокупности исчисляются сотнями в черте всех крупных городов донецкого экономического района. Основным негативным последствием вынужденного строительства терриконов является запыленность воздуха. В связи с этим возникает необходимость использовать технологии по уменьшению вредного воздействия нео-ландшафтов на воздушные системы. Фитооптимизация представляет собой действенный на практике метод элиминации негативных последствий такого загрязнения.

Цель работы – по установленной специфике сукцессионных процессов на отвале угольной шахты им. Калинина рассмотреть эффективность фитооптимизационных процессов регулируемого типа и в результате самозаращения во временном разрезе с 2002 по 2022 гг. в городе Донецке.

Использованы методические рекомендации [2, 5] и актуальные сведения [1, 4] о состоянии локальных геосистем в Донбассе, а также технологии оценки конкретных объектов с помощью современных аналитических программ на урбанизированных территориях [3, 6]. Начальная и конечная стадии наблюдательного эксперимента представлены на рисунке для зоны импакта шахты им. Калинина в городе Донецке.

В результате наблюдения и сбора данных о состоянии нео-ландшафта (созданного в 50-60-е годы 20 века) установлено, что активные действия по озеленению отвала угольной шахты были предприняты в 70 и 80-е годы. Большинство оптимизационных мероприятий были неэффективными, поскольку не предполагали планомерного и пошагового задернения поверхности отвала. Постепенно на поверхности террикона происходило замедление процессов горения породы (остатков породы), что создавало благоприятные предпосылки для протекания эндогенных процессов компактизации растениями первичных экологических ниш на северных и северо-восточных склонах. В качестве наиболее успешных видов из древесного яруса первичной стадии озеленения зарекомендовали себя *Acer platanoides* L., *Robinia pseudoacacia* L. и *Fraxinus excelsior* L. Успех в развитии некоторых древесных растений был обеспечен грамотными процессами терраирования в период коррекции оптимизационных мероприятий в 80-е годы.

При сравнении успешности озеленения техногенного объекта обозначенного типа и происхождения основным учётным показателем является процент проективного покрытия зелеными крупномерами в зоне непосредственного отвального вмешательства в природные системы.



Рис. 1. Визуализация результатов оптимизационных мероприятий на отвале шахты им. Калинина за период целевого мониторинга техногенного объекта

Этот показатель с 2002 по 2022 гг. увеличился на 38%. Также в разные годы были проведены эксперименты по вычислению пыленасыщения воздуха и эффективности пылеосаждения в мониторинговых точках вокруг террикона. Установлено, что с увеличением проективного покрытия зелеными насаждениями запыленность воздуха достоверно уменьшалась (на 15-20% в 5-летнем интервале сравнений), что определено по учету масс пылеосаждения на поверхности листовых пластинок указанных видов древесных растений.

Система оптимизационных мероприятий за последние 20 лет ограничивалась пассивным контролем травяного покрова местности и констатированием появления и развития плодовых древесных растений, например, *Armeniaca vulgaris* Lam., *Prunus spinosa* L., *Juglans regia* L. в результате антропогенного и орнитогенного факторов. Таким образом, вторичные стадии сукцессионного процесса на терриконе являются успешными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авраимова Т.В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42.
2. Глухов А.З. Методологические аспекты фитомониторинга в антропогенно

трансформированной среде / А.З. Глухов // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации. – Донецк: ДонГУ, 2023. – С. 58-59.

3. Епринцев С.А. Зеленые насаждения, примыкающие к урбанизированным территориям, как фактор экологической безопасности / С.А. Епринцев, С.А. Куролап, О.В. Клепиков // Экологические проблемы использования горных лесов. – Краснодар: КубГУ, 2023. – С. 174-178.

4. Калинина А.В. Терриконы Донбасса как объект экологического туризма / А.В. Калинина, С.П. Жуков // Экологические проблемы использования горных лесов. – Краснодар: КубГУ, 2023. – С. 204-208.

5. Петкогло О.В. Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / О.В. Петкогло // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 3. – С. 72-79.

6. Yeprintsev S. Remote monitoring of factors determining the environmental safety of urban areas / S. Yeprintsev, S. Kurolap, O. Klepikov, P. Vinogradov // E3S Web of Conferences. Vol. 389. EDP Sciences, 2023. – P. 03030.

СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ: АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Е.Г. Королева¹, И.Ф. Петрова²
koroleva@cs.msu.ru

¹*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия*
²*Институт географии РАН, г. Москва, Россия*

Главная угроза биологическому разнообразию состоит в нарушении мест обитания (биотопов) растений и животных как в прямых формах (механическое разрушение, фрагментация), так и в опосредованных (эффекты химического и биологического загрязнения). Негативный эффект на состояние природных экосистем оказывают также их чрезмерная эксплуатация и инвазивные (чужеродные) виды, появляющиеся вследствие направленной интродукции или непреднамеренного заноса.

Одним из наиболее распространенных последствий развития современного высоко технологичного сельскохозяйственного производства, в частности, земледелия, является деградация экосистем и связанная с этим утрата биологического и генетического разнообразия, снижение ландшафтного разнообразия, многочисленные аспекты нарушения местообитаний и жизнедеятельности растений и животных, а также экосистем в целом [1,2]. Поэтому проблема минимизации негативных рисков, методологическая и практическая разработка путей сохранения биоразнообразия в агроландшафтах ставится на повестку дня как актуальная задача в направлении достижения устойчивого сельского хозяйства. Для агроландшафтов, расположенных в степных и лесостепных биомах, эта проблема является одной из приоритетных.

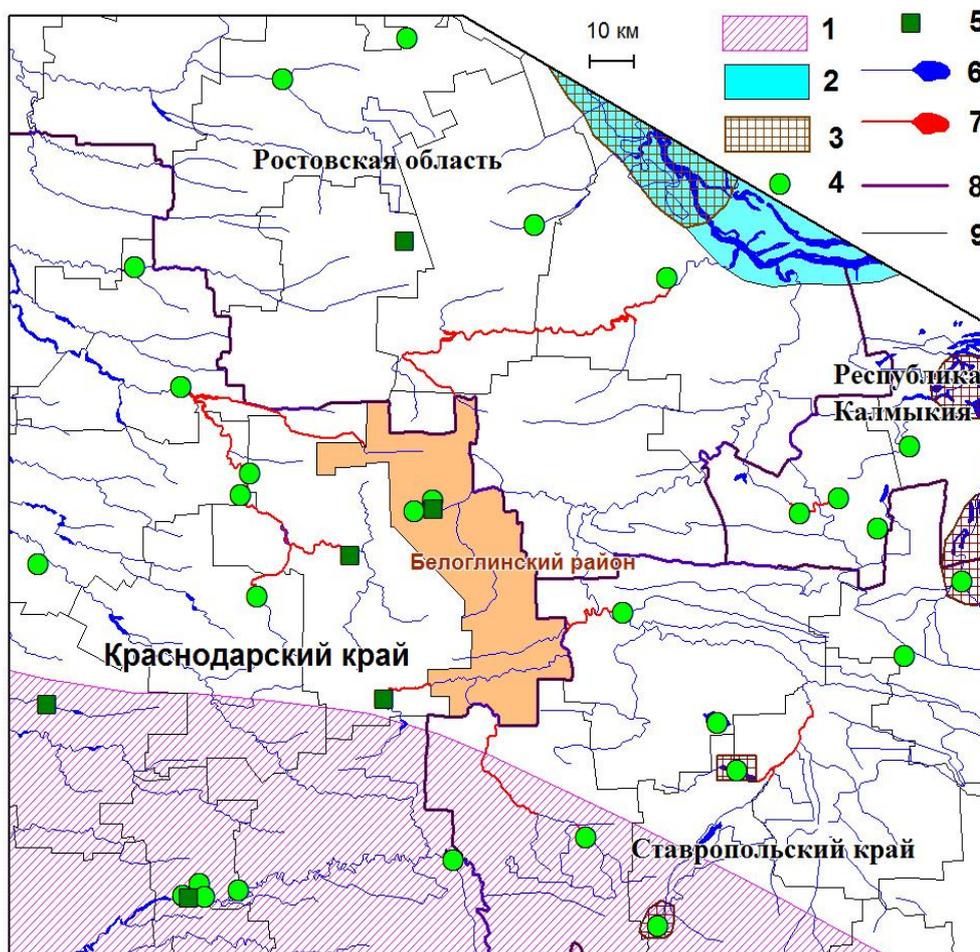
Большинство успешных примеров природоохранных программ из международной и Российской практики агрохозяйств опираются на результаты мониторинга биоразнообразия, который определяет в первую очередь наиболее уязвимые его компоненты (редкие и охраняемые виды), сохранившиеся участки естественных ландшафтов и цен-

ные в природоохранном плане фрагменты – потенциальные элементы экологического каркаса территории [3-5]. Ключевыми индикаторами и показателями эффективности проводимых мероприятий чаще всего выступают растения, различные группы беспозвоночных и птицы [6], однако общего подхода или методической схемы исследований до сих пор не предложено.

При разработке конкретной программы сохранения регионального биологического разнообразия для типичного сельскохозяйственного района юга России авторы опирались на биогеографическую концепцию охраны экологического (ландшафтного) разнообразия путем формирования в агроландшафте комплекса взаимосвязанных фрагментов сохранившихся природных комплексов как элементов экологического каркаса региона, разработка и анализ которого явились целью и задачами настоящего исследования.

В полевой сезон 2023 г. в типичном для агроландшафтов Краснодарского края Белоглинском районе (рис. 1) были обследованы все сохранившиеся природные участки, прилегающих к сельскохозяйственным полям с посевами свеклы, пшеницы, ячменя, кукурузы. В этих естественных экосистемах по методическим разработкам кафедры биогеографии МГУ имени М.В. Ломоносова и лаборатории картографии Института географии РАН выполнены маршрутные описания растительных сообществ, заложены пробные геоботанические площади, проведены фаунистические учеты и отмечены особенности антропогенного использования территории. Камеральный этап включал в себя обработку полевых описаний, составление флористических и фаунистических списков охраняемых видов растений и животных, картографирование и разработку схемы природоохранных элементов экологического каркаса для интенсивно используемого агроландшафта. Выбор региона для исследования объясняется, наряду с типичными чертами южного продуктивного степного агроландшафта, его географическими и природно-обусловленными особенностями: высоким флористическим, фаунистическим и экосистемным потенциалом разнообразия, о чем свидетельствует нахождение территории в зоне «Горячих точек» биоразнообразия и его непосредственная близость к Мировому центру разнообразия растительности, наличием водно-болотных угодий международного значения и ключевых орнитологических территорий России (КОТР), неразвитостью в регионе системы (ООПТ), а также окружением соседних сходных по сельскохозяйственной направленности районов Ростовской области, Ставропольского края и Республики Калмыкия, что позволяет рассматривать изучаемый регион БГР не изолированно, а как важную составную и репрезентативную часть экологического каркаса степной зоны юга России.

На их долю приходится около 50% площади экологического каркаса Белоглинского района. В степном интенсивно используемом агроландшафте именно они являются наиболее значимыми природосохраняющими элементами, поскольку служат местообитаниями растений и животных в агроландшафте, выполняют роль кормовых участков, защитных убежищ, стаций переживания неблагоприятных условий, территорий размножения и очагов расселения. С этих позиций именно они должны стать основными местами приложения природоохранных мероприятий, и их дальнейший эколого-географический анализ поясняет это положение.



- 1 – территория Мирового центра разнообразия растительности
- 2 – водно-болотные угодья международного значения (Расмарские)
- 3 – ключевые орнитологические территории России (КОТР);
- 4 – ООПТ регионального значения
- 5 – ООПТ местного значения
- 6 – гидросеть;
- 7 – долинно-балочные комплексы, соединяющие ООПТ с Белоглинским районом
- 8 – границы субъектов РФ
- 9 – границы административных районов

Рис. 1. Географическое положение района исследования

Структуризация, типология и классификация обследованных участков сохранившихся экосистем на основе выполненных комплексных геоботанических и зоогеографических описаний позволила выделить среди них по критериям сохранности экосистем, выполнения ими природоохранных функций и сохранения биоразнообразия основную группу, в которую, наряду с буферными зонами водных объектов, балками и лесными комплексами входят лесополосы различного назначения (рис. 2).

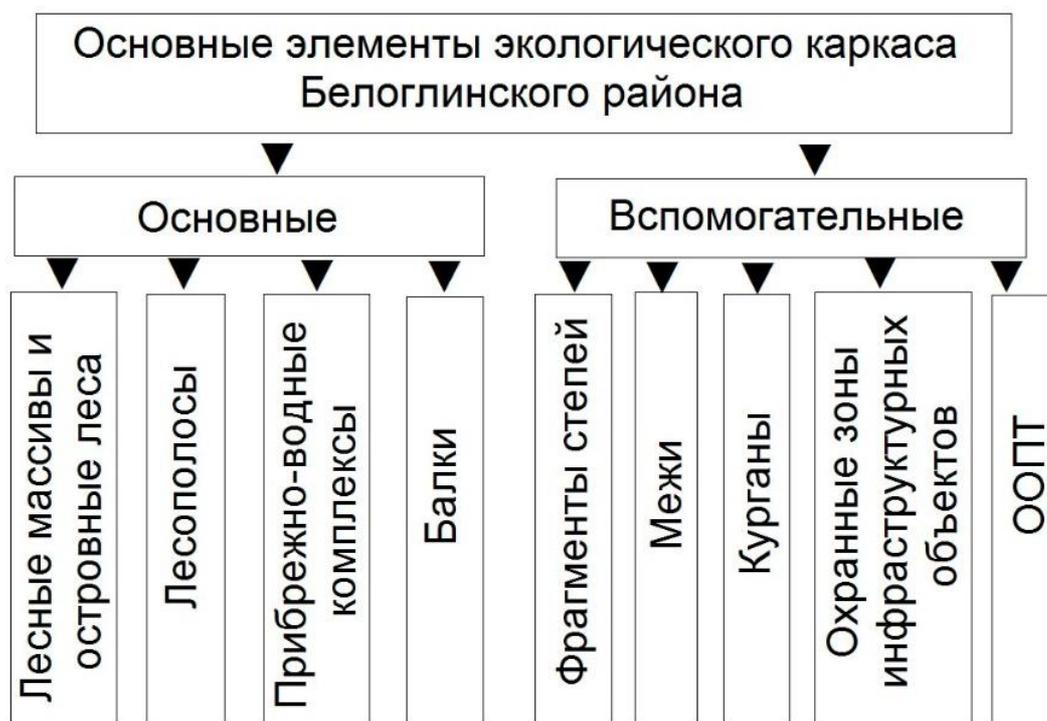


Рис. 2. Структура экологического каркаса степного агроландшафта

Полезачитные лесополосы в исследуемом районе занимают площадь 51,5 км² и состоят из 3-7 рядов деревьев разных пород (вяз приземистый, или карагач (*Ulmus pumila*), робиния лжеакация, или акация белая (*Robinia pseudoacacia*), гледичия трехколючковая (*Cleditsia triacanthnos*), дуб черешчатый (*Quercus robur*), абрикос обыкновенный (*Armeniaca vulgaris*), ясени зеленый (*Fraxinus lanceolata*) и обыкновенный (*F. excelsior*), шелковица белая (*Morus alba*), груша обыкновенная (*Pyrus comminis*), яблоня лесная (*Malus sylvestris*). Протяженность, ширина, высота древесного яруса и возраст пород варьируют в достаточно широких пределах. Хотя встречаются разрушенные и значительно разрушенные лесополосы, промежутки которых заняты травянистыми ценозами или стихийными дорогами, сохранность древесного полога лесополос в целом выше средней (50-75%). Из кустарников произрастают терн или слива колючая (*Prunus spinosa*), шиповник собачий (*Rosa canina L.*), скумпия кожевенная (*Cotinus coggygia*), боярышник мягковатый (*Crataegus submollis*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*), бересклет европейский (*Euonymus europaeus L.*) в дубовых лесополосах. В травостое доминируют корневищные злаки, луговые и сорные виды. Хорошо представлен комплекс мелких млекопитающих, гнездящихся птиц (ок. 50 видов) и герпетофауны, на опушках лесополос, полянах и в зарослях кустарников встречаются многочисленные виды насекомых. Таким образом, лесополосы расширяют спектр пригодных местообитаний для растений и животных, включая редкие и охраняемые и тем самым способствуют сохранению регионального биоразнообразия. Существенна их роль как канала распространения живых организмов и экологических коридоров, связывающих изолированные участки естественных экосистем.

Однако, рассматривая лесополосы не только как природоохранные элементы, а с других точек зрения (рекреационной, сельскохозяйственной и лесозащитной), можно увидеть ряд негативных моментов (рис. 3).



Рис. 3. Оценка роли поlezащитных полос в агроландшафте с разных точек зрения

Увеличение общей площади экологического каркаса за счет уменьшения площади полей происходит вследствие постепенного расширения лесных полос: закрайки лесных полос сначала зарастают травянистой растительностью, затем кустарниками и мелколесем. В Краснодарском крае по этой причине выведено из оборота около 20 тыс. га пашни, в некоторых агрохозяйствах Белоглинского района на сегодняшний день из оборота выведены до 2% пашни.

Одним из негативных аспектов влияния лесополос и их закраек на сельскохозяйственные земли является то, что их травяной покров представляет из себя банк семян и служит источником их переноса на прилегающие поля. Биологическим способом борьбы с сорной растительностью служит метод агростепей, который представляет из себя искусственное восстановление степей путем посева специально разработанной смеси семян степных видов [7]. Степные виды растений не проникают в окружающие посева, так не выдерживают регулярной обработки полей.

В целом, даже малая площадь элементов экологического каркаса (ок. 7 %) и отсутствие обширных ООПТ позволяет поддерживать устойчивость природных комплексов и их удовлетворительное состояние. Жизнеспособное состояние составляющих каркас элементов смягчает и нивелирует многочисленные аспекты интенсификации сельского хозяйства и ее последствия для биоразнообразия и функционирования экосистем, расположенных внутри и по границам полей сельскохозяйственных культур. При организации регулярного экологического мониторинга будет необходим повсеместный контроль численности инвазивных видов и карантинных сорняков (амброзия полыннолистная, *Ambrosia artemisiifolia* L.; клен ясенелистный, *Acer negundo* L.; горчак ползучий, *Acroptilon repens* (L.) DC.; повилика полевая, *Cuscuta campestris* Yunck. и др.). Взаимосвязь природных экосистем в агроландшафтах могут выполнять, помимо поlezащитных, также придорожные лесополосы, кустарниковые полосы, полосы отчуждения около инженерных сооружений и живые изгороди. Оценка их состояния и степени нарушенности в результате сельскохозяйственной или другой деятельности также должны быть объектом агроэкологических исследований. Для снижения некоторых негативных аспектов разрастания лесополос рекомендуется придерживаться экстенсивного ухода (напр., покоса) участков с травянистой растительностью на окраинах сельхозугодий. Отдельные элементы предлагаемого экологического каркаса могут использоваться в рекреационном природопользовании и экологическом образовании школьников.

**Статья подготовлена в рамках Госзаданий FMWS-2024-0009
№1023032700199-9 и №121051100137-4.**

ЛИТЕРАТУРА

1. AgroTerra. Центр развития технологий. [Электронный ресурс] // URL: <https://agroterra.ru/researches/> (дата обращения: 12.05.2024).
2. Benton T.G., Vickery J. A., Wilson J. D. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? // Trends in ecology & evolution, 2003, Vol.18, №4, pp.182-188.
3. Geiger F., Bengtsson J., Berendse F., Weisser W.W., Emmerson M. et al. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland // Basic and Applied Ecology, 2010, Vol.11, №2, pp.97-105.
4. Grumbine, E. What Is Ecosystem Management?// Conservation Biology, 1994, № 8, pp.27-38.
5. Haberl H., Wiedenhofer D., Virag D., Kalt G. et al. A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: synthesizing the insights // Environmental Research Letters, 2020, Vol.15, №6.
6. Nagy G., Ladanyi M., Arany I., Aszalos R., Czucz B. Birds and plants: comparing biodiversity indicators in eight lowland agricultural mosaic landscapes in Hungary // Ecological Indicators, 2017, Vol.73, pp. 566-573.
7. Дудченко Л.В., Лапенко Н.Г., Дружинин В.А. Эколого-флористическая ситуация объектов лесомелиорации в агроландшафтах Ставропольского края // Лесотехнический журнал. – 2017. – № 2 (26). – С. 67-75.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ РЕЛЬЕФА МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

К.А. Кузьмин, Ю.С. Козикова, А.С. Кулакова
ka_kuzmin@mail.ru, kozikovatmb@gmail.com, kulakova18.05@mail.ru

Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, Россия

Орографические особенности территории обуславливают комплекс процессов переноса воды и других соединений, развития водной эрозии и аккумуляции стока [3], и их необходимо учитывать для минимизации экологической нагрузки на агроландшафты. Кроме того, сведения о морфометрической структуре рельефа открывают возможности по оптимизации расположения сельскохозяйственных культур в зависимости от их агроэкологических требований, так как именно рельеф создаёт неодинаковые микроклиматические условия освещённости и влажности на уровне отдельных элементов ландшафта [4].

На современном этапе научно обоснованного ведения сельскохозяйственного производства важным прикладным направлением геоэкологических исследований является изучение и оценка земельного фонда на предмет характеристик рельефа как литологической основы территории.

Исходя из принципов интенсификации и экологизации земледелия, указанных в Доктрине продовольственной безопасности России [2], для совершенствования структуры землепользования Тамбовской области как важного агропромышленного района страны актуализируется задача картографирования и анализа основных морфометрических параметров рельефа в региональном масштабе [1,6]. В данной статье в качестве примера демонстрируются результаты морфометрического анализа рельефа двух муни-

ципальных округов (МО) Тамбовской области (рис. 1).

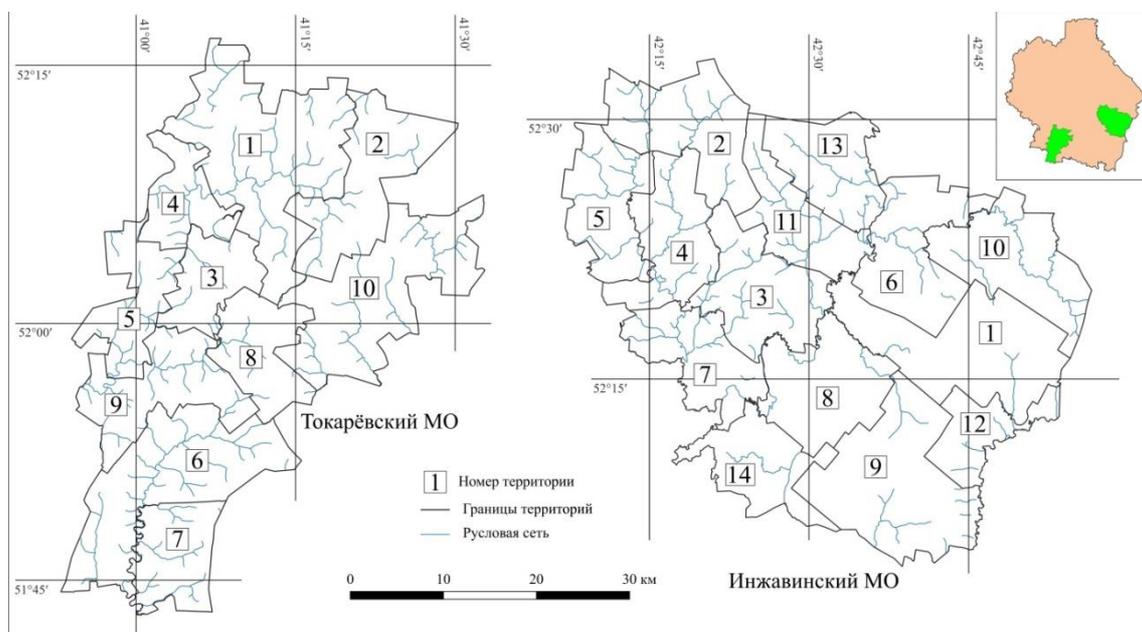


Рис. 1. Расположение и территориальное устройство Инжавинского и Токарёвского МО Тамбовской области

Инжавинский МО площадью 1835 км² расположен на востоке Тамбовской области в пределах Приволжской возвышенности. Имеет в своём составе 14 территориальных образований (территорий): 1 – Балыклейскую, 2 – Землянскую, 3 – Инжавинскую, 4 – Калугинскую, 5 – Каравайную, 6 – Карай-Салтыковскую, 7 – Каркульскую, 8 – Красивскую, 9 – Марьевскую, 10 – Михайловскую, 11 – Никитинскую, 12 – Николинскую, 13 – Паревскую и 14 – Чернавскую.

Токарёвский МО площадью 1434 км² располагается на юге региона в пределах наиболее выровненной части Окско-Донской равнины. Включает 10 территорий: 1 – Абакумовскую, 2 – Александровскую, 3 – Безукладовскую, 4 – Гладышевскую, 5 – Даниловскую, 6 – Полетаевскую, 7 – Сергиевскую, 8 – Токарёвскую, 9 – Троицкоросляйскую и 10 – Чичеринскую.

Исследование основано на методах цифрового моделирования, обработки и анализа пространственных данных, выполненных инструментами геоинформационных систем (ГИС) [5]. По оцифрованным топографическим картам масштаба 1:100000 в программе ArcGIS с помощью алгоритма «Terra to Raster» построена цифровая модель рельефа (ЦМР) с пространственным разрешением 30 м. На рисунке 2 показана гипсометрическая карта рассматриваемых округов с шагом высотных ступеней 10 м.

Инструментами программы SAGA GIS из растра с высотами извлечены значения уклонов, экспозиции, и эрозионного потенциала рельефа (LS-фактора), оформленные в виде морфометрических карт (рис. 3,4,5). Значения уклонов разделены на градации, отвечающие возможности дальнейшей агроэкологической дифференциации земель и соответствующие делениям основных шкал, используемых в сельскохозяйственном проектировании. Экспозиция рассчитывалась для земель крутизной более 0,5° в категориях: северной, южной и нейтральных (западной и восточной) экспозиций. На субгоризонтальных поверхностях экспозиция является минимально значимым фактором, и потому

не рассматривалась. Градации LS-фактора количественно подчёркивают разную степень значимости рельефа как условия развития существующей или возможной эрозии почвы.

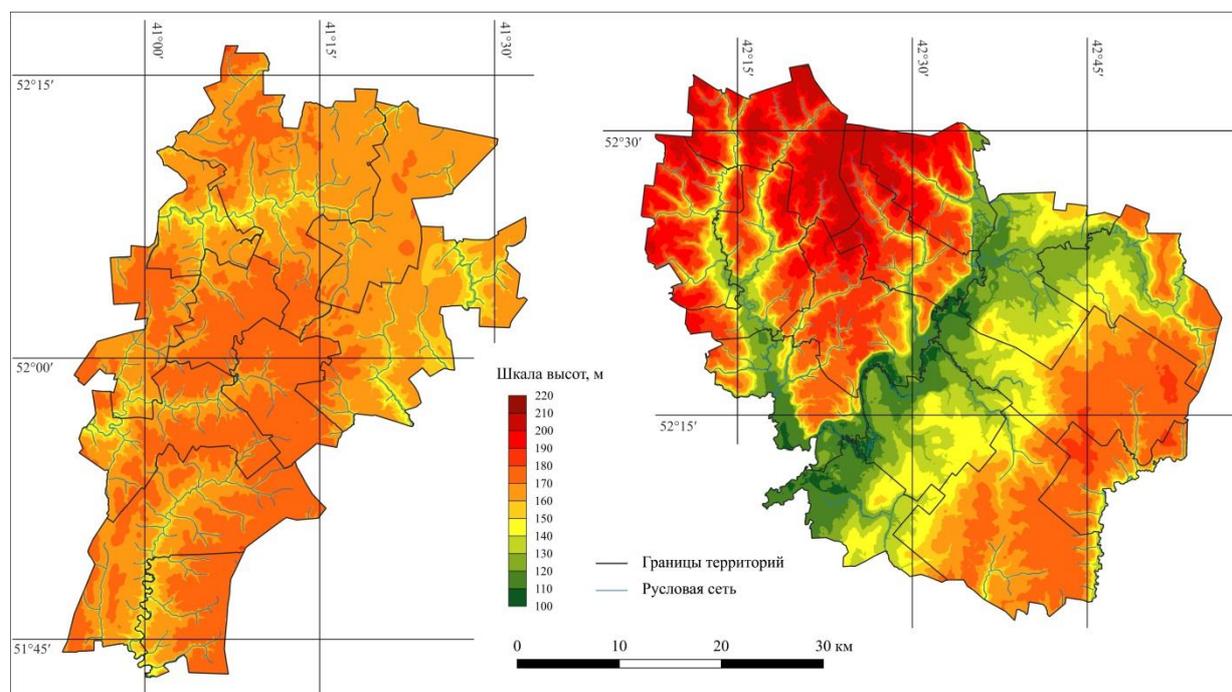


Рис. 2. Гипсометрические карты Инжавинского и Токарёвского МО Тамбовской области

В структуре Инжавинского МО имеется чёткое различие в рельефе территорий, расположенных по разным берегам реки Вороны – крупнейшего притока Хопра. Правобережная часть округа, возвышающаяся над долиной основной реки на десятки метров, густо изрезана глубокими балками и оврагами. Перепады высот между водоразделами и уровнем реки Вороны достигают порядка 100 м. Уклоны более 1° преобладают у территорий Калугинской, Караваинской, Никитинской, у остальных правобережных территорий они занимают около половины площади. Здесь же расположена основная доля склонов с крутизной более 5° , которые занимают более 10% площади территории Инжавинской, и порядка 6–9% площади остальных правобережных территорий.

Левобережная часть Инжавинского МО заметно более выровненная, менее развита овражно-балочная сеть. Здесь преобладают уклоны менее 1° , занимающие площади от 72% у территории Михайловской до 92% у территории Балыклейской.

Преобладающими экспозициями у склонов в Инжавинском МО являются западные и восточные, занимающие в сумме 57,5%, что объясняется субмеридиональным строением основных звеньев русловой сети. При этом южная экспозиция лишь немного преобладает над северной (21,4% против 21,1%). У территории Николинской доля склонов южных экспозиций превышает долю северных в 2,3 раза, у Караульской – в 1,7 раза. При этом выделяются территории со значительным (в 1,7–2,7 раза) преобладанием северных экспозиций: Красивская, Марьевская, Михайловская и Чернавская.

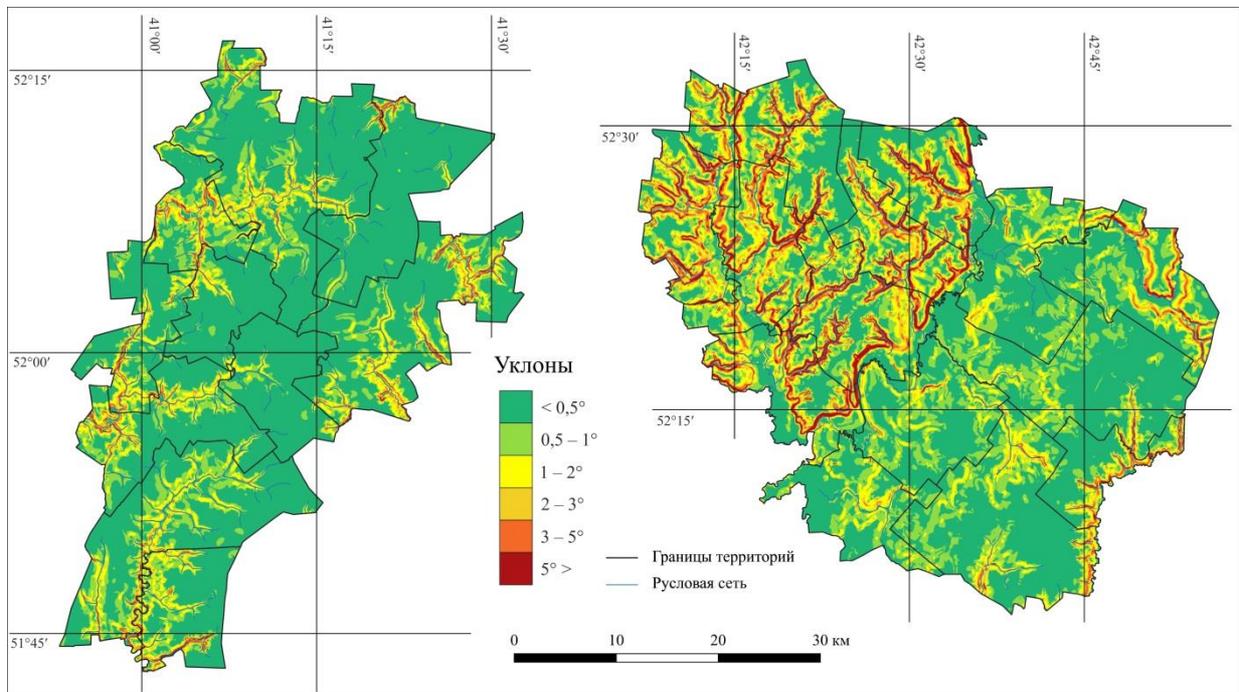


Рис. 3. Морфометрические карты уклонов Инжавинского и Токарёвского МО Тамбовской области

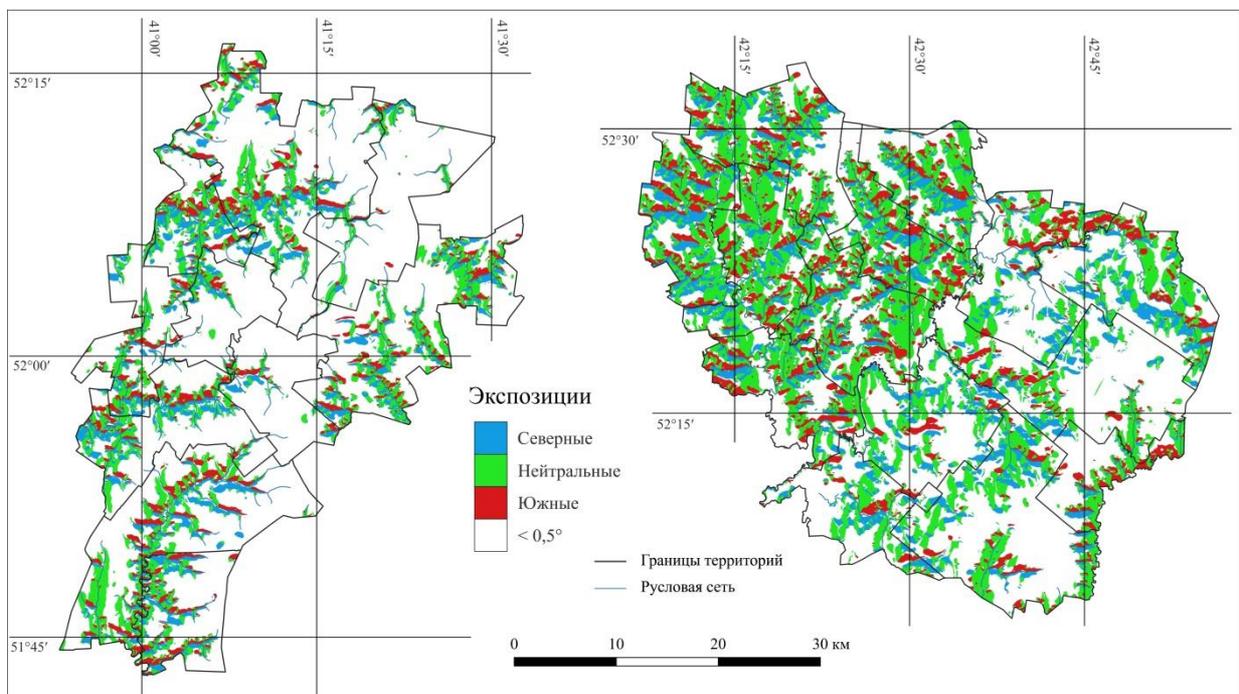


Рис. 4. Морфометрические карты экспозиций склонов Инжавинского и Токарёвского МО Тамбовской области

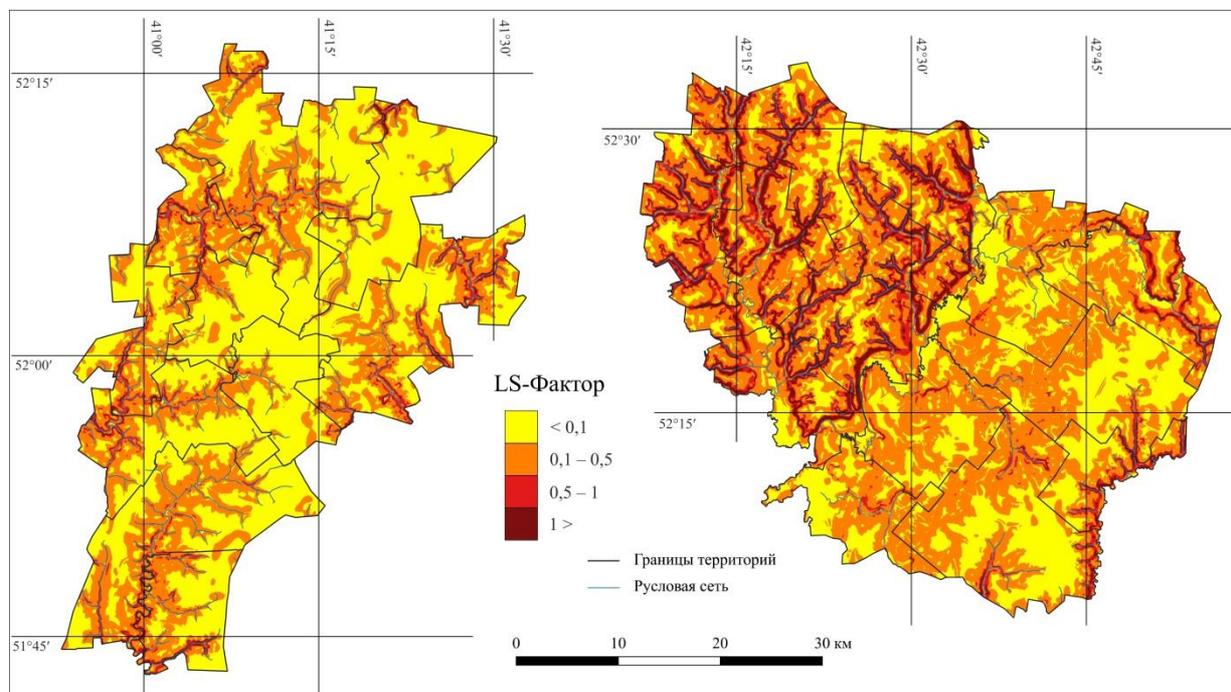


Рис. 5. Морфометрические карты значений LS-фактора на территориях Инжавинского и Токарёвского МО Тамбовской области

Средневзвешенные значения LS-фактора у правобережных территорий Инжавинского МО находятся в диапазоне 0,5–0,6, при этом значения более 1, говорящие о значительном влиянии рельефа на эрозионный потенциал, занимают здесь 13–17% площади. У левобережных территорий средневзвешенные значения LS-фактора составили менее 0,3.

Территории Токарёвского МО характеризуются слаборасчленённым рельефом и преобладанием слабодренлируемых плакорных земель. Вертикальные перепады сравнительно малые – от 29 до 46 м. У всех территорий округа, кроме Гладышевской, более половины площади занимают минимальные уклоны менее 0,5°. Так у территории Сергиевской они составляют долю 59%, у Александровской – 91%. Склоны крутизной более 2°, которые можно считать эрозионноопасными, занимают малые доли площади у всех территорий (1,6–10,8%), и приурочены к долинам наиболее крупных водотоков округа – рек Битюг, Большой Эрtilь, Токай, Бурначка.

В целом по Токарёвскому МО склоны нейтральных экспозиций преобладают над склонами северных и южных. Доля склонов северных экспозиций превышает по площади долю южных (24,8% против 23,2%), а у некоторых территорий это превышение достигает 1,6 раза. У ряда территорий округа (Абакумовская, Даниловская, Полетаевская, Чичеринская) южная экспозиция немного преобладает над северной.

Средневзвешенные значения LS-фактора у территорий Токарёвского МО низкие, а доля земель со значением более 1 занимает незначительную площадь в округе – 1,3%, что свидетельствует о малой роли рельефа в процессах эрозии почв.

Выбор данных административно-территориальных единиц в настоящей работе призван показать неоднородность орографических условий региона, из которых следуют различия в агроэкологических условиях и необходимость дифференцированного подхода к организации землепользования. В данном контексте для слабодренлируемых западных и юго-западных районов Тамбовской области приоритетными задачами по улучшению землеустройства станут идентификация переувлажнённых участков, бессточных

водосборов западин и малых понижений в рельефе в целях улучшения продуктивности пахотных угодий. Для восточных районов региона со значительной изрезанностью и долей крутых склонов актуально улучшение контуров сельхозугодий и их технологической обработки в целях защиты почв от водной эрозии.

Результаты подобных исследований морфометрической структуры рельефа в масштабе муниципальных округов можно рассматривать как материалы предварительного оценочного этапа в деле проектирования и создания новых проектов по землеустройству хозяйств и выработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия, отвечающим геоморфологическим условиям местности на локальном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буковский М.Е., Кузьмин К.А. Морфометрический анализ рельефа северо-западной части Тамбовской области // Региональные геосистемы. – 2024. – Т. 48, № 2. – С. 236–253.
2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации / Министерство сельского хозяйства РФ. – Москва, 2020. – 23 с.
3. Флоринский И.В. Геоморфометрия сегодня // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 394–447.
4. Шарая Л.С., Шарый П.А., Рухович О.В. Прогнозные оценки урожайности озимой пшеницы с учётом рельефа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 2-2(82). – С. 377–383.
5. Hengl T., Reuter H.I. (eds.) Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. – Amsterdam: Elsevier, 2009. – 765 p.
6. Kuzmin K., Bukovskiy M. Analysis of morphometric parameters of watercourses and their catchments in the Vorona river basin of the forest-steppe zone of the Russian plain. In: Beskopylny A., Shamtsyan M., Artiukh V. (eds) XV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2022». INTERAGROMASH 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 575. Springer, Cham. (2023) – DOI 10.1007/978-3-031-21219-2_277.

ГЕОСИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КАРСТОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

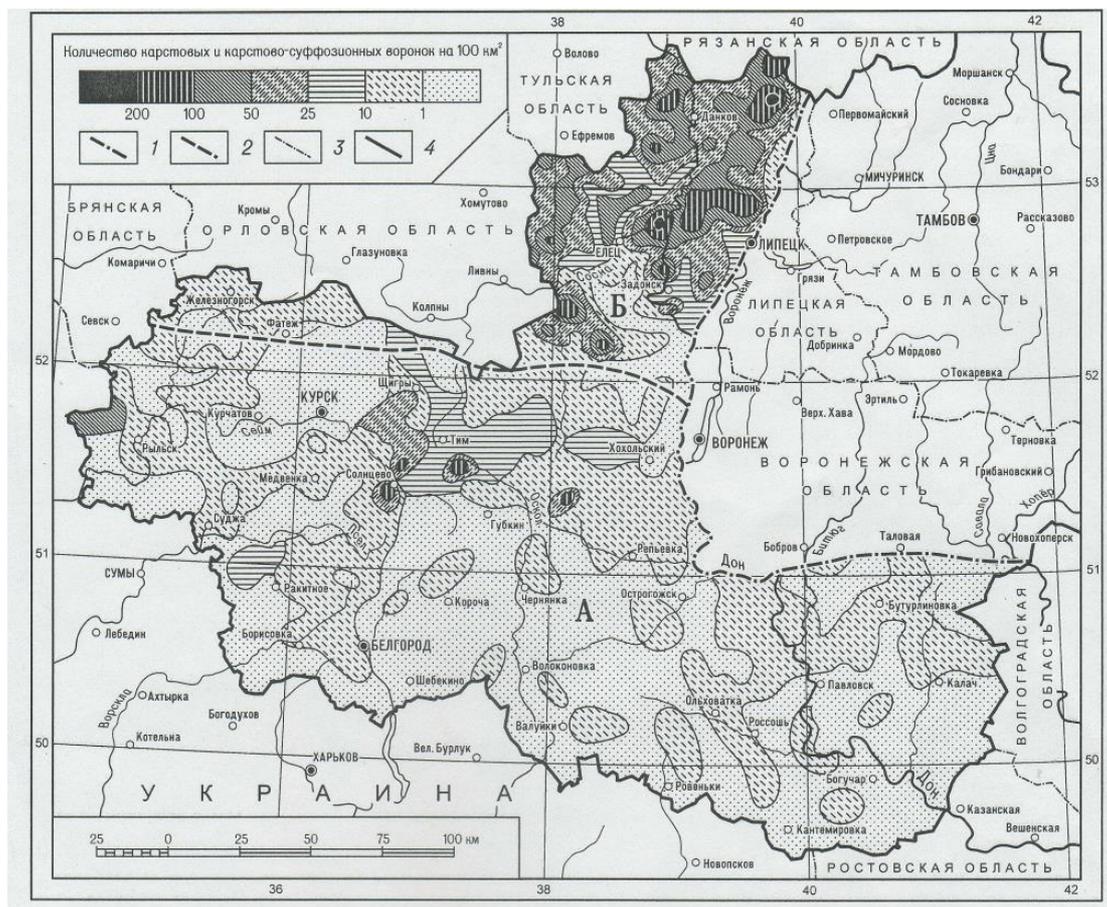
В.Б. Мухно

fizgeogr@mail.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Введение. На территории Центрального Черноземья, в пределах Среднерусской и Калачской возвышенностей, развит карбонатный карст, проявление которого связано с широким распространением здесь карстующихся горных пород, представленных обнажающимися или близко залегающими от поверхности верхнедевонскими известняками (Липецкая область) и мелом – мергельными отложениями верхнемелового возраста (Воронежская, Белгородская, Курская области). Под воздействием карстовых процессов в регионе сформировались и продолжают развиваться своеобразные известняково-карстовые и карстово-меловые ландшафты, образующие два самостоятельных ареала их распространения, граница между которыми проходит примерно по линии Курск-Воронеж. К северу от нее в пределах Среднерусской возвышенности развитие получили известняково-карстовые ландшафты, а к югу, на территории Среднерусской и Калачской возвышенностях – карстово-меловые ландшафты. На основе полевых исследований и

анализа космических снимков в пределах Центрального Черноземья выявлено более 15 тыс. карстовых и карстово-суффозионных форм рельефа, плотность которых на отдельных участках достигает 100 и более форм на 100 км² (рис. 1).



Границы: 1 – распространение карбонатных пород; 2 – карстовых округов; 3 – административных областей; 4 – Центрального Черноземья. А – меловой карстовый округ; Б – известняковый карстовый округ [8].

Рис. 1. Плотность карстовых и карстово-суффозионных ландшафтов в Центральном Черноземье

Нередко карст выступает в роли одного из основных ландшафтообразующих факторов – формирует своеобразные ландшафтные комплексы в виде «слепых» балок, котловин, воронок, западин, колодеобразных провалов, пещер, карровых полей. Карстовые ландшафтные комплексы обладают повышенной водопоглотительной способностью и тесными вещественно-энергетическими связями со смежными ландшафтами. Нередко проявление карста негативно сказывается на ландшафтно-экологической обстановке и хозяйственном использовании закарстованных поверхностей. В частности, с развитием карста связаны: выходы из строя ряда искусственных водоёмов, загрязнение подземных вод, исчезновение малых рек. Наряду с этим, на закарстованных участках осложнено гидротехническое строительство, сельскохозяйственное использование земель, горнодобывающее производство. Сформировавшиеся под воздействием карста карстовые ландшафты ещё недостаточно изучены с позиции их структурно-

динамической организации и функционирования. Это осложняет разработку противокарстовых мероприятий, оптимизацию карстовых ландшафтов и рациональное использование закарстованных территорий. Принимая это во внимание, предпринятая попытка проанализировать структурно-динамическую организацию и специфику функционирования карстовых ландшафтных комплексов Центрального Черноземья с целью установления взаимодействия из с окружающей средой и использования полученных данных при решении практических задач.

Материалы и методы исследований

Базовой методологической основой исследований структурно-динамической организации и функционирования карстовых ландшафтов Центрального Черноземья избрана геосистемная концепция ландшафтоведения, получившая развитие в работах ряда исследователей [4,9,11,12,13,14,15 и др.].

Необходимость применения геосистемного подхода объясняется тем, что на его основе открываются более широкие возможности установления динамических связей и взаимодействия карстовых ландшафтов с природно-территориальными комплексами смежных территорий.

Анализ геосистемной организации и функционирования карстовых ландшафтов осуществлялся путем крупномасштабного ландшафтного картографирования, полевых наблюдений, данных дистанционного зондирования Земли высокого разрешения, выявления вещественных связей карстовых ландшафтов с природно-территориальными комплексами смежных территорий. Объектами исследований были избраны наиболее типичные карстовые ландшафтные комплексы в виде «слепых» балок, воронок, котловин, западин и провалов колодцеобразной формы. При этом внимание акцентировалось на выявлении структурно-динамических особенностей и направленности развития карстовых геосистем. Для получения необходимой информации использовались различные методы: системный, балансовый, сравнительного анализа и др.

Результаты и их обсуждение.

Предпосылки формирования карстовых геосистем. В процессе исследований карстовая геосистема рассматривалась как сочетание ландшафтных комплексов различного таксономического ранга, тесно взаимосвязанных между собой направленными потоками вещества и энергии, предопределенными карстом. Карстовые геосистемы объединяют как ландшафтные комплексы, приуроченные непосредственно к карстовым формам рельефа, так и смежные с ними ландшафты, находящиеся под сильным воздействием карста, выступающего в роли основного ландшафтообразующего фактора этих комплексов [7].

В основе происхождения и формирования карстовых геосистем лежит химический процесс растворения горных пород, предопределяющий денудацию литогенной основы и трансформацию связанных с ней физико-географических компонентов и комплексов. Карстовая денудация в пределах Центрального Черноземья проявляется длительное время и тесно связана с широким распространением карбонатных горных пород, а также континентальными условиями развития территории в период допалеогеновой трансгрессии и неоген-четвертичное время. Индикатором химической денудации карбонатных горных пород выступают карстовые формы рельефа, включающие воронки, котловины, западины, провалы колодцеобразной формы, пещеры, карры, цирковидные и «слепые» балки. Эти формы рельефа совместно с выстилающими их карбонатными породами (субстратом) предопределили формирование в пределах региона особой категории литогенных ландшафтов [8], функционально-целостные сочетания которых предстают в виде своеобразных карстовых геосистем.

Образование карстовых геосистем нередко приводит к ослаблению, а порой и разрушению сложившегося ландшафтно-экологического равновесного состояния закарстованных территорий, что негативно сказывается на их природной среде, экологической обстановке и функционировании природно-хозяйственных систем.

Структура карстовых геосистем. Образовавшиеся под воздействием карстового процесса формы рельефа создают базисную основу массо- и энергообмена карстовых геосистем, связывая их структурные элементы потоками вещества и энергии в функционально-целостные системы, включающие элементы двух генетических видов: карстовые и подчиненные им в своем развитии элементы некарстового происхождения. Учитывая генетическую неоднородность геосистем, целесообразно в качестве основных их структурных элементов различать собственно – карстовые и подчиненно-карстовые ландшафтные подсистемы [6].

Собственно-карстовые ландшафтные подсистемы включают ландшафтные комплексы, сформировавшиеся непосредственно в карстовых формах рельефа, образующих морфолого-литогенную основу (ядро) этих ландшафтов и определяющих их генетическую специфику. В соответствии со взглядами Ф.Н.Милькова [2], функционально-единые сочетания таких комплексов могут рассматриваться как парагенетические карстовые ландшафтные системы. Учитывая характер связей их структурных элементов, следует различать простые и сложные карстовые парагенетические комплексы (системы).

Простые карстовые парагенетические ландшафтные комплексы представляют собой геосистемы, состоящие из двух генетически взаимосвязанных пространственно смежных карстовых урочищ, взаимодействие которых осуществляется на основе непосредственных прямых и обратных связей. Наиболее часто в виде простых парагенетических карстовых ландшафтных комплексов предстают вложенные одна в другую или слившиеся воронки, западины, котловины [7].

Сложные карстовые парагенетические ландшафтные комплексы – сочетания карстовых урочищ, функционально взаимосвязанных непосредственными и опосредствованными прямыми и обратными связями. К ним принадлежат «слепые» карстовые балки, котловины и наиболее крупные цирковидные балки в мелу. Примером сложных карстовых парагенетических ландшафтных комплексов могут служить «слепые» карстовые балки правобережья Верхнего Дона: Большие и Малые вертебя, Зверев верх, Поганая и др. Каждый из этих геокомплексов состоит из ряда генетически взаимосвязанных карстовых урочищ и фаций. Например, балка Зверев верх включает 4 котловины (урочища) и 16 карстовых воронок (фаций) тесно взаимодействующих в процессе обмена веществом (стоком) в форме непосредственных и опосредствованных связей [5].

Подчиненно-карстовые ландшафтные подсистемы предстают в виде пространственно смежных, тесно взаимодействующих с карстовыми ландшафтами, природно-территориальных комплексов не карстового происхождения, но образовавшихся и функционирующих под воздействием карстовых ПТК. Примером могут служить сочетания карстовых и эрозионных ландшафтных комплексов, часто образующих функционально-целостные единства, predeterminedенные карстом. В данном случае карстовые формы рельефа создают базисную основу для развития эрозионных ландшафтов.

По своей сути подчиненно-карстовые ландшафтные подсистемы совместно с функционально связанными с ними карстовыми подсистемами являются парадинамическими ландшафтными комплексами в понимании Ф.Н. Милькова [3]. Учитывая специфику взаимосвязей структурных элементов подчиненно – карстовые ландшафтные подсистемы, могут быть подразделены на простые и сложные. Первым из них свойственны

непосредственные связи структурных элементов, вторым – непосредственные и опосредственные, прямые и обратные связи.

Динамика карстовых геосистем. Под воздействием естественных и антропогенных факторов карстовые геосистемы постоянно изменяются. Наиболее заметно это проявляется в трансформации их ареала, структуры и вещественных связей [7]. В основе динамики ареала карстовых ландшафтов лежит пространственное изменение их границ. Полевые наблюдения свидетельствуют о том, что изменение границ карстовых ПТК может быть различным – постепенным, резким или пульсирующим. Основной предпосылкой этого процесса является изменение морфологии карстовых форм рельефа под воздействием естественных или антропогенных факторов. Например, уменьшение глубины и изменение ландшафтной структуры карстовых котловин нередко происходит в результате распашки их площади водосбора и связанным с этим поступлением в котловины твердого стока. Резкие изменения границ карстовых геосистем связаны с внезапным проявлением деформации их литогенной основы, обычно вызванной образованием карстовых провалов. Пульсирующее смещение границ карстовых геосистем, как правило, обусловлено климатическими факторами, вызывающими ритмические и циклические изменения состояния геосистем. Свойственная карстовым геосистемам Центрального Черноземья структурная динамика наиболее четко проявляется в изменениях их структуры и межструктурных прямых и обратных связей. Карстовым геосистемам также свойственна временная и направленная динамика, или динамика развития по Ф.Н.Милькову, утверждающего, что «направленная динамика с ее изменением структур и переходом одного типа комплекса в другой есть не что иное, как развитие комплекса» [4, с.185]. Установление характера развития карстовых геосистем, а оно может быть прогрессивным или регрессивным, необходимо для решения ряда прикладных задач и требует определения интенсивности и скорости изменений исследуемых геосистем. В ряде случаев индикатором интенсивности развития карстовых геосистем может выступать их водопоглотительная способность, а индикатором скорости развития – время смены одного варианта геосистемы другим. Обычно наибольшей интенсивностью развития обладают карстовые геосистемы, функциональные связи которых со смежными ландшафтами поддерживаются значительными потоками вещества и, прежде всего, водными массами стока, объем которого может сильно варьировать в зависимости от величины площади водосбора карстовой формы рельефа, образующей функциональное ядро карстовой геосистемы. В пределах Центрального Черноземья наиболее значительные площади водосбора свойственны карстовым провалам, образовавшимся на днище крупных балок (Петрин лог, Зверев верх, Большие вертебя, Поганая и др.), а также в ложе искусственных водоемов (вблизи сел: Дроздово, Афанасьевка, Мешковое, Зиналдино и др.).

Карстовые геосистемы Центрального Черноземья поглощают достаточно большой объем поверхностного стока. Ежегодная суммарная нагрузка его на карстовые ландшафты обычно выше, чем на площади их водосбора. Объясняется это тем, что площади водосборов карстовых геосистем обычно во много раз превышают площади непосредственно карстовых форм рельефа – ядер карстовых геосистем [7]. Все это свидетельствует о достаточно высокой интенсивности развития карстовых геосистем рассматриваемого региона.

Функционирование карстовых геосистем. Взаимодействие карстовых геосистем с окружающей средой тесно связано с их функционированием – совокупностью процессов динамики карстовых геосистем. По своей сути функционирование карстовых геосистем Центрального Черноземья представляет собой устойчивую последователь-

ность постоянно действующих процессов передачи энергии, вещества и информации в геосистемах, поддерживающих их характерное состояние на определенном отрезке времени [10].

Функционирование карстовых геосистем обеспечивается вертикальным и латеральным перемещением вещества и энергии от одного элемента геосистемы к другому, связывая их в функционально – целостные единства (сопряжения) двух основных видов: **катенарного** и **нуклеарного**.

Катенарные карстовые геосистемы обычно предстают в виде сопряженного ряда элементарных ландшафтов, функционально и динамически взаимосвязанных направленными потоками от водораздела к местному базису карстовой денудации. В своем распространении они тяготеют к тальвежной части балок, оврагов, лощин и ложбин, т.е. к тем местам, где проходит сосредоточенный сток, выступающий в роли основного связывающего звена структурных элементов карстовых геосистем. Цепочки карстовых воронок, располагающиеся вдоль тальвега, можно наблюдать на территории Липецкой области в балках: Катухи, Дубровки (Становлянский район), Большая (Измалковский район), Лучек (Елецкий район) и др. Например, в урочище «Катухи», расположенном к северо-востоку от с. Пальна-Михайловки, к тальвежной части балки приурочено 20 карстовых воронок. Еще больше их на днище балки Лучек, расположенной западнее с. Сазоновки [5].

Нуклеарные карстовые геосистемы, в отличие от катенарных, обладают концентрической формой структурно-динамической организации ландшафтов вокруг их общего функционального ядра. А.Ю. Ретеюм [11] такие геосистемы именует хорионами и рассматривает их как ядерные системы, функции ядра в которых могут выполнять различные факторы. При этом отмечается, что в ядре «сосредоточены относительно большая масса, энергия и (или) информация», а само «ядро окружено более или менее сплошными оболочками и связано с разветвленными подсистемами, т.е. подчиненными хорионами» [11, с.40].

Перечисленные свойства присущи и ядрам карстовых геосистем Центрального Черноземья, функции которых здесь выполняют депрессионные формы рельефа – «слепые» балки, котловины, воронки, западины, провалы колодцеобразной формы, поноры. В зависимости от функциональных свойств ядра карстовых геосистем могут быть подразделены на три основных типа: **аккумулирующие, поглощающие и выводящие**. Первым из них свойственно накопление, вторым – интенсивная инфильтрация, третьим – экспортирование вещества за пределы геосистем.

Ядра нуклеарных карстовых геосистем обычно опоясаны сплошными или прерывистыми оболочками (ландшафтно-географическими полями), образующими сферу латерального вещественно-энергетического и информационного влияния на смежные ландшафты. В зависимости от функциональных свойств ядер карстовые геосистемы обладают **центробежными или центростремительными** вещественно-энергетическими поясами. Нередко эти пояса (поля) участвуют в ландшафтогенезе геосистем одновременно. Например, карстовые озера не только стягивают жидкий, твердый и ионный сток с площади водосбора своих котловин, но и оказывают обратное воздействие на климатические, гидрогеологические, почвенно-растительные и другие условия смежных с озерами территорий. Масштабы и интенсивность подобного воздействия зависят как от функциональных свойств ядра, так и от удаленности, таксономического ранга и структуры подверженных этому воздействию ландшафтов.

В функционировании карстовых геосистем любого вида особая роль принадлежит поверхностному и подземному стоку – ведущему фактору поддержания внутренних и внешних связей, а также переноса вещества к ядрам геосистем. В зависимости от по-

ступающего вещества и функциональных особенностей ядер развитие карстовых геосистем может носить *прогрессивный или регрессивный* характер. В первом случае активизируется карстовый процесс, увеличивается разнообразие структурных элементов и взаимосвязей геосистем; во втором – снижается интенсивность карстового процесса, уменьшается разнообразие, снижается бонитет, усиливается деградация карстовых ландшафтов завершающаяся переходом их в погребенное состояние. О масштабах развития карстовых геосистем региона в неоген-четвертичный период свидетельствуют выявленные многочисленные погребенные карстовые формы рельефа, датируемые этим временем [1].

Заключение

Проведенные исследования геосистемной организации и функционирования карстовых ландшафтов Центрального Черноземья позволяют сделать следующие выводы:

1. Получившие развитие на территории Среднерусской и Калачской возвышенностей, в пределах Центрального Черноземья, карстовые ландшафты своим происхождением обязаны широкому распространению здесь близко залегающих от поверхности и обнажающихся карстующихся горных пород, представленных верхнедевонскими известняками (Липецкая область) и мело-мергельными отложениями верхнемелового возраста (Воронежская, Курская и Белгородская области).

2. Ландшафтообразующая роль литогенной основы в происхождении, структурно-динамической организации и функционирования карстовых ландшафтов Центрального Черноземья предопределена региональной спецификой карстового ландшафтогенеза, в основе которого лежит химический процесс растворения карбонатных горных пород.

3. Образовавшиеся карстовые ландшафтные комплексы тесно взаимодействуют с ландшафтами смежных территорий. Функционально-целостные сочетания карстовых и подчиненных им в своем развитии ландшафтов иного генеза образуют геосистемы, состоящие из собственно-карстовых и подчиненно-карстовых ландшафтных подсистем, функциональное единство которых обеспечивается перемещением вещества и энергии между структурными элементами под воздействием карста.

4. В пределах исследуемого региона получили развитие карстовые геосистемы двух основных видов сопряженности их структурных элементов – катенарные и нуклеарные, способные выполнять аккумулирующие, поглощающие и выводящие функции.

5. В зависимости от характера поступающего вещества и функциональных особенностей ядер карстовых геосистем развитие карстовых ландшафтов может носить прогрессивную или регрессивную направленность. Учет этого обстоятельства необходимо при решении задач, связанных с рациональным использованием закарстованных территорий Центрального Черноземья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красненков Р.В. Погребенный меловой карст юго-восточной части Среднерусской возвышенности: Автореф. дис. канд. геол.минерал. наук. Воронеж, 1970. – 20 с.
2. Мильков Ф.Н. Парагенетические ландшафтные комплексы // Науч. зап. Воронеж. отд. Геогр. о-ва СССР. – 1966. – Вып.7. – С. 3-7.
3. Мильков Ф.Н. Принцип контрастности в ландшафтной географии // Изв. АН СССР. Серия географическая. – 1977. – №6. – С. 93-101.
4. Мильков Ф.Н. Общее землеведение. Учебник для вузов. – Высш. шк., 1990. – 335 с.
5. Михно В.Б. Карстовые ландшафты // Известняковый Север Среднерусской возвышенности. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1978. – С. 51-65.
6. Михно В.Б. Проблемы системных исследований карстово-меловых ландшафтов Русской равнины // Прикладные аспекты изучения современных ландшафтов. – Во-

ронеж: Изд-во Воронежского университета, 1982. – С. 33-46.

7. Михно В.Б. Карстово-меловые геосистемы Русской равнины. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 200 с.

8. Михно В.Б., Горбунов А.С. Карстовая денудация как фактор ландшафтогенеза Центрального Черноземья // Региональные геосистемы. – 2021. – Том 45, № 2. – С. 155-167.

9. Николаев В.А. Ландшафтоведение. – М.: МГУ, 2006. – 208 с.

10. Охрана ландшафтов. Толковый словарь / под ред. В.С. Преображенского. – М.: Изд-во Прогресс, 1982. – 272 с.

11. Ретеюм А.Ю. Земные миры. – М.: Мысль. 1988. – 270 с.

12. Солнцев В.Н. Системная организация ландшафтов (Проблемы методологии и теории). – М.: Мысль, 1981. – 239 с.

13. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978. – 320 с.

14. Сысуев В.В. Введение в физико-математическую теорию геосистем / Под ред. К.Н. Дьяконова. – М.: ЛЕНАНД, 2000. – 600 с.

15. Хорошев А.В. Полимасштабная организация географического ландшафта. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 416 с.

ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА НИЖНЕГО НОВГОРОДА (с 1221 по XIX в.)

***В.А. Низовцев¹, Н.М. Эрман²**
nizov2118@mail.ru*

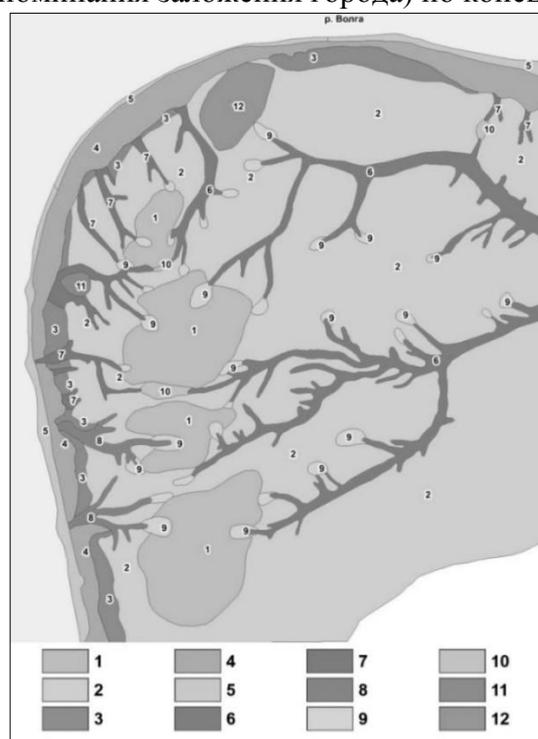
¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

²*Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова РАН, г. Москва, Россия*

К настоящему времени сложилась обширная историография исследований древнерусских городов как в историческом, так и в географическом плане. Для многих городов имеет место быть и комплексный анализ исторических, археологических и разнообразных географических материалов, включающие и ландшафтные, формирования их планировочной структуры. Становление и развитие Нижнего Новгорода, который в 2021 году отметил своё восьмисотлетие, в историческом, градостроительном и архитектурном аспектах раскрыты во многих капитальных работах С.Л. Агафонова (1986, 2008), Н.Н. Грибова (2018) [2], А.А. Кузнецова (2014), В.А. Кучкина (2011) [3], И.А. Кирьянова, Б.М. Пудалова (2003) [4], Н.Ф. Гуляницкого (1993) [5], Н.И. Храмцовского (1856) [6], С.М. Шумилкина и А.С. Шумилкина (2010) [7] и др. К сожалению, за исключением ландшафтно-экологического анализа современного природного комплекса в работе О.В. Глебовой с соавторами (2000) [1] детальных ландшафтных исследований с крупномасштабным картографированием этого древнерусского города в публикациях не отмечено.

Натурные исследования в 2021-23 гг. с составлением крупномасштабной картограммы исторического центра Нижнего Новгорода (рис. 1) дали возможность авторам проследить особенности влияния ландшафтных и, связанных с ними, социально-экономических условий на формирование планировочной структуры городского ландшафта в этой части в историческом аспекте. На данный момент предложена периодиза-

ция этого процесса на основе диахронического метода, разработанного В.С. Жекулиным (1972) с 1221 г. (время упоминания заложения города) по конец XIX века.



Легенда:

1. Возвышенные поверхности коренного плато окско-волжского междуречья (абс. выс. 190-200 м), слабовыпуклые, сложенные маломощными лессовидными суглинками, подстилаемыми маломощным чехлом кайнозойских пород, залегающим на коренных пермских породах (глины, мергели, алевроиты), с дубравами на светло-серых и серых лесных почвах.

2. Основная пологоволнистая поверхность коренного водораздельного плато (абс. выс. от 160 до 190 м), сложенная лессовидными суглинками разной мощности, подстилаемыми элювием коренных кайнозойских и пермских пород (пески, глины, мергели, алевроиты), сильно расчлененная балками и долинами ручьев балочного типа, с липо-дубравами на светло-серых лесных почвах.

3. Коренные склоны долин Волги и Оки, крутые (10-25°, с высотами от 140 до 190 м абс. высоты, нередко оплывно-оползневые, с дерновыми разной мощности почвами под липняками и липо-дубравами.

4. Окско-волжская терраса (третья надпойменная) плоская и полого-наклонная (70-72 с абс. выс.), сложенная древнеаллювиально-делювиальными маломощными суглинками, подстилаемыми древнеаллювиальными гравийными песками, с дерново-подзолистыми и подзолистыми почвами под сложными неморальными сосняками.

5. Низкие надпойменные террасы (фрагментарные), ленточные, песчаные с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами под сосняками. 6. Долины малых рек и ручьев балочного типа, глубоко врезаемые (в средних и нижних частях глубина вреза 20-30 м), под липо-дубравами с черемухой и ольхой.

7. Береговые овраги, короткие, глубоко врезаемые (до 30 м), со ступенчатыми оплывно-оползневыми днищами, местами с водотоками, под черемуховыми ольшаниками и липо-дубравами с черемухой.

8. Балки, овражистые балки, овраги, мелкие и короткие, залесенные.

9. Приводосборные полого-вогнутые понижения эрозионно-суффозионного происхождения, под липняками на светло-серых лесных разной степени оглеенных почвах.

10. Ложбинообразные «сквозные» понижения под липняками на светло-серых и серых лесных слабо-глееватых почвах.

11. Городище «Городок».

12. Нижегородский Кремль

Рис.1. Карта условно восстановленных ландшафтов исторического центра Нижнего Новгорода. Масштаб 1:100000. Ранг ландшафтных комплексов – группы урочищ

Практическими задачами работы стали анализ ландшафтных условий местности и выявление доминирующих ландшафтных и исторических факторов, оказавших наибольшее влияние на формирование планировочной структуры городского ландшафта исторического центра Нижнего Новгорода.

Источниковой базой послужили многочисленные труды исследователей археологов, историков и архитекторов по истории становления и развития города, а также опубликованные и фондовые картографические материалы, отображающие исторические этапы развития города (Генеральные планы 1770 и 1824 гг., план 1896 г., современный Генплан и др.). При установлении периодизации процесса формирования планировочной структуры исторического центра города мы опирались на разработки и схемы реконструкций планов города в различные исторические периоды, представленные в работах Н.Ф. Гуляницкого (1993), Н.Н. Грибова (2018), С.М. и А.С. Шумилкиных (1993), Н.И. Храмцовского (1998) и др.

Важнейшим методом исследования является ландшафтно-историческое картографирование, при котором учитывается ландшафтная дифференциация территории, а развитие городского ландшафта исследуется с учетом морфологической структуры, которая и послужили территориальной основой для становления города и во многом определила его планировочную структуру. Сведения о свойствах и состоянии ландшафтных комплексах, можно сказать, соединяются с историческими и картографическими данными. Его основу составляет реконструкция ландшафтной структуры территории на период становления города на основе применения ландшафтно-эдафического подхода и анализа сведений о природных условиях данной территории по историческим источникам. Результатом таких реконструкций было составление карт условно-восстановленных (коренных) ландшафтных комплексов рангом группы урочищ. Этот метод важен в силу того, что ландшафты на территории распространения городской застройки являются сильно антропогенно преобразованными и могут не нести исходные черты, таким образом, не давая информации об их историческом влиянии на структуру расселения без использования метода реконструкции.

По данным графических и картографических реконструкций планов города, существующих архивных планов и текстовых описаний на основе ландшафтной карты выполнен ряд картосхем, представляющих ландшафтную структуру города и сформировавшиеся ландшафтно-исторические комплексы на семь выделенных исторических периодов формирования планировочной структуры города. В качестве примера представлена схема ландшафтно-исторических комплексов, сформировавшихся в период: 1221г – нач. XIV в. (рис. 2).

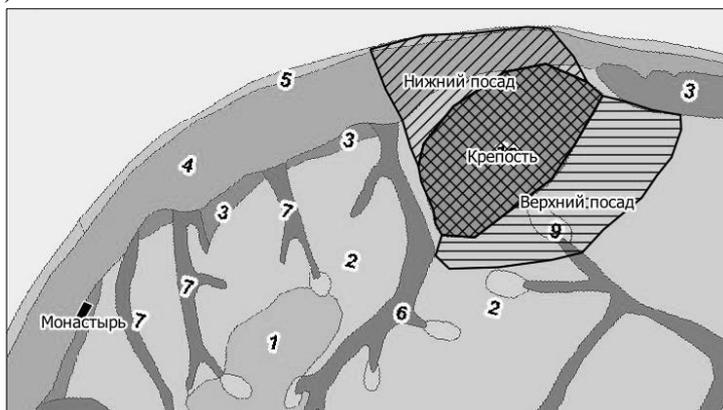


Рис. 2. Ландшафтно-исторические комплексы 1 этапа: 1221 г. – нач. XIV в.

В ходе работы при помощи программы QGIS было подсчитано соотношение занимаемых теми или иными урочищами площадей в конкретных ландшафтно-исторических комплексах для выявления степени ландшафтного разнообразия и доминирующих в комплексе урочищ, к которым этот комплекс можно считать приуроченным. Подсчёт произведён методом сравнения площадей полигонов, результаты представлены в виде схем пространственной организации с указанием наличия взаимосвязей между ландшафтно-историческими комплексами. Пример (рис.3).

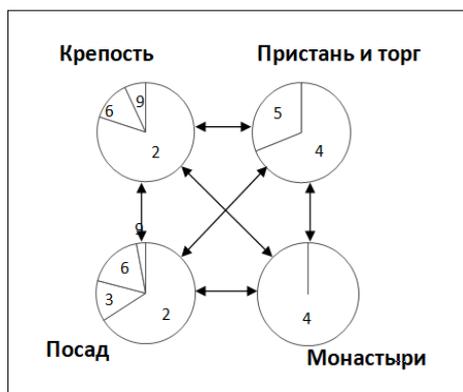


Рис. 3. Схема соотношения площадей урочищ в ландшафтно-исторических комплексах 1 этапа: 1221 г. – нач. XIV в.

Цифрами отмечены номера урочищ по легенде ландшафтной карты, размер сектора соответствует доли урочища в площади ландшафтно-исторического комплекса.

Важнейшими особенностями становления и развития Нижнего Новгорода во многом объясняются его географическим положением, особенно пограничным в Ростово-Суздальской земле при слиянии Волги (Великий Волжский путь) и Оки, важнейших коммуникационных путях центра Восточно-Европейской равнины

Основными природными особенностями рассматриваемой территории, важные в контексте формирования городского ландшафта, пограничное положение в ландшафтном плане (Глебова О.В. и др., 2000) [1], а также: сильные (до 120 м) перепады высот между поверхностями коренного плато и надпойменных террас; наличие крутых коренных склонов речных долин, нередко оплывно-оползневых; сильная эрозионная расчленённость с развитой овражно-балочной сетью водораздельных приречных ландшафтных комплексов; сравнительная однородность коренного плато по таким факторам, как почвы, коренная растительность и климат.

С заложения города в 1222 г. по конец XIX века выделено семь периодов в формировании истории развития планировочной структуры городского ландшафта исторического центра Нижнего Новгорода. Их главные особенности заключаются в следующем.

1 этап: 1221 г. – начало XIV в. Трёхчастная планировочная структура с кремлем, как ядро роста. Ландшафтной основой послужили коренное плато (кремль и верхний посад) и третья надпойменная терраса (торг и нижний посад). Такое расположение давало контроль над водными путями, а прилегающий овраг использовался в оборонительных целях. Монастыри сторожи расположились на надпойменной террасе со сторожевыми функциями (контроль) над основными подходами к городу.

2 этап: вторая половина XIV в. С ростом города и его бурным экономическим развитием (столичное княжеское положение) происходит дифференциация нижнего посада и торгового комплекса у пристаней. Появляются и развиваются первые слободы, приуроченные к «ядрам роста» (кремлю и монастырям). Застраивается левый берег Почайны и начинается активный рост территории по надпойменным террасам. Более высокая плотность населения отмечается на нижнем посаде по сравнению с верхним

3 этап: XV в. В связи экономической и политической нестабильности княжества и сокращением численности населения происходит стагнация роста города, устанавливается бицентричная планировочная структура, на основе формирования альтернативного кремлю военно-административного центра (Меньшой город). При этом при выборе места для Меньшого города активно используются оборонительные функции эрозионных форм.

4 этап: конец XV – XVI вв. Относительно политическая стабильность в конце XVв. – начале XVI в. приводит к заметному экономическому росту и возможности строительства обширной системы укреплений. Деревянные стены кремля заменяются каменными. Строится Большой острог, при этом активно используются эрозионные формы в качестве оборонительного фактора. Продолжается развитие слобод по надпойменным террасам вдоль Волги и Оки, но наибольшие площади они занимают на выровненных поверхностях коренного плато к западу от Почайны. Все верхние слободы приурочены к выступам коренного плато. Происходит слияние крупной Благовещенской слободы с основной частью города.

5 этап: конец XVI – XVII вв. Город утрачивает пограничное положение, в связи с перестает нуждаться в сильных укреплениях и, как следствие, происходит сокращение оборонительной системы. Продолжается развитие слобод, как в долинных ландшафтных комплексах, разрастаясь по надпойменным террасам, так и на плато, выходя на его возвышенные поверхности. Новую линию укреплений строят по фактически заселённой территории посада на плато, причем эта линия пересекает Почаинский овраг, что свидетельствует о снижении роли эрозионных форм как лимитирующих и оборонительных факторов.

6 этап: XVIII в. Происходит очередная стагнация в экономической жизни, связанная со строительством Санкт-Петербурга и падением значимости волжской торговли. Важным, ключевым моментом в формировании современной планировочной структуры стало принятие в 1770 году генерального плана регулярной застройки города. Границы центра («города») практически совпадают с бывшим Новым острогом, границы предместий – с Большим острогом. По этому плану начинается активная застройка малорасчленённого участка коренного плато к востоку от кремля, а линии загородных строений протягиваются по надпойменным террасам далеко за пределы города

7 этап: XIX в. Город переживает экономический расцвет. Макарьевская ярмарка переносится на правобережье Оки. С увеличением транспортного потока начинается развиваться густая сеть дорог, соответствующая регулярной застройке. Малые эрозионные формы (лощины, балки и неглубоко врезанные овраги) активно используются в качестве «спусков» с плато на НПТ. Границы «города» конца XIX в. совпадают с границами предместий XVIII в. и, таким образом, с контуром Большого острога унаследованная структура ландшафтных комплексов возвышенности на коренном плато становится приоритетной для плановой застройки вдоль Оки. Начинается планация рельефа, в первую очередь, засыпаются небольшие эрозионные формы. Окончательно нивелируется роль эрозионных форм как лимитирующих факторов – они мало учитываются при проведении границ города.

Таким образом развитие планировочной структуры городского ландшафта исторического центра Нижнего Новгорода определялось как историко-социально-экономическими факторами, так и особенностями ландшафтной структуры исследуемой территории. Отмечается поступательное вовлечение в строительство города все большее разнообразие ландшафтных комплексов, представленных как долинными, так и урочищами высокого коренного плато. Вплоть до XVII в. застройка города происходила с учетом местной ландшафтной структуры, особенно велика была приуроченность оборонительных укреплений к овражно-балочной сети. Выбор места для строительства кремля определялся в первую очередь оборонительно-стратегическими факторами: контроль над крупными судоходными реками, оборонительным значением коренных склонов долин и эрозионных форм, а также возможностью доступа к выровненным надпойменным террасам. Перепад высот и отделение верхней части города от нижней крутыми коренными склонами приводило к выраженной концентрации экономической активности в нижней части (благодаря нахождению там пристаней) и более высокой плотности населения на надпойменной террасе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебова О.В., Коломыц Э.Г., Розенберг Г.С., Сидоренко М.В., Юнина В.П. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ. – М.: Наука / Интерпериодика, 2000. – 285 с.
2. Грибов Н.Н. Нижний Новгород в XV веке: поиски утраченного города. – Москва: ИА РАН, 2018. – 589 с.
3. Кучкин В.А. Волго-Окское междуречье и Нижний Новгород в средние века. – Нижний Новгород: Кварц, 2011. – 269 с.
4. Пудалов Б.М. Начальный период истории древнейших русских городов Среднего Поволжья (XII – первая треть XIII в.). – Нижний Новгород: Комитет по делам архивов Администрации губернатора Нижегородской области, 2003. – 216 с.
5. Русское градостроительное искусство. Древнерусское градостроительство / ВНИИ теории архитектуры и градостроительства; под общ. ред. Н.Ф. Гуляницкого. – М.: Стройиздат, 1993. – 392 с.
6. Храмцовский Н.И. История и описание Нижнего Новгорода. – Нижний Новгород: Нижегородская ярмарка, 1998. – 608 с.
7. Шумилкин С.М., Шумилкин А.С. Архитектурно-пространственное формирование Нижнего Новгорода XIII – начала XX вв. Учебное пособие. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2010. – 213 с.

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Ю.А. Нестеров, О.В. Крутова
nland58@mail.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) в региональной системе природопользования, охраны природы и рационального использования ресурсов играют центральную роль. Однако, как указывалось еще тридцать пять лет назад, существую-

щие ныне в регионах Российской Федерации совокупности ООПТ – всего лишь наборы объектов, которым предстоит сначала стать сетью (системой) ООПТ, а затем и «дорастить» до уровня полноценного экологического каркаса региона [4]. В решении этой организационной проблемы необходимо каталогизировать все ООПТ и составить по возможности точную карту их размещения. Создание доступной широким слоям населения цифровой карты существующих ООПТ Воронежской области – задача не новая, реализовывалась многократно и многими специалистами географами, геологами и биологами. Однако, в подавляющем большинстве случаев, все ООПТ на них были изображены немасштабными условными знаками, включая крупные площадные объекты – заповедники и заказники [1]. Значение такого картографического материала может оцениваться неоднозначно. С одной стороны, точные карты ООПТ могут быть использованы для мониторинга состояния, систематического изучения, научно обоснованного поиска новых ООПТ, выявления их пространственных особенностей и оптимизации системы охраны. С другой стороны, доступность знаний о положении ООПТ может вызвать к ним излишний интерес, привлечь поток неорганизованных посетителей, что неизбежно приведет к ухудшению состояния ООПТ и их возможной утрате. Однако, по мнению авторов статьи, вряд ли такой ущерб будет больше, чем деятельность смежных хозяйствующих субъектов.

Составление картографического материала и выявление наиболее значительных пространственных особенностей и ошибок осуществлялось в несколько этапов.

Во-первых, подбор источников для составления карты и оценка его качества. Очевидно, что для сопровождения картографическим материалом крупномасштабных исследований рационально представлять ООПТ в виде площадных (полигональных) объектов, чем немасштабными условными знаками показывать их положение. Общедоступная интерактивная карта с возможностью скачивания в векторном формате полигональных ООПТ на известных сетевых ресурсах отсутствует. На коммерческой основе сервис NextGIS Data в апреле 2023 года предоставил нам набор из двух источников: ИАС «ООПТ России» и OpenStreetMap. Последний содержит 241 запись по Воронежской области, из них только 62 можно идентифицировать как ООПТ хотя бы по названию, остальные – это скорее, объекты архитектурно-культурного наследия региона и непонятного происхождения, например, «Бобровский природный парк». Качество исходного материала низкое.

Независимая информационно-аналитическая система «ООПТ России» публиковала данные на сайте <http://oort.aagi.ru>, который, к сожалению, ныне прекратил свое существование. Официального статуса у неё не было, но неформально она считалась справочником по заповедникам и национальным паркам. Ее администраторы вели максимально актуальный список ООПТ России, а также собирали законодательную базу субъектов в сфере функционирования и развития ООПТ, ссылки на региональные Красные книги, сведения о биологическом разнообразии всех заповедных территорий страны.

Приобретенный на коммерческой основе векторный слой информационной системы «ООПТ России» содержал 219 полигональных и 5 точечных объектов. Здесь корректность векторных данных была на порядок лучше OpenStreetMap, однако, тоже вызвала сомнения.

Во-вторых, исходя из низкого качества исходных материалов, нами была принята попытка составления авторской карты на основе законодательных актов Правительства Воронежской области.

Для определения территориального распределения и пространственного положения границ ООПТ использовались геоинформационные платформы QGIS и MapInfo Pro. Информация о границах размещена в Постановлениях правительства Воронежской области [5] и представляет собой список координат поворотных точек границы каждой ООПТ. От анализа границ ООПТ федерального уровня мы сознательно отказались, по-

сколькo достоверная информация была найдена только по Хоперскому заповеднику.

Первичные геометрические данные из постановлений чаще всего содержат географические координаты поворотных точек границ ООПТ на эллипсоиде WGS-84. В редких случаях координаты приводятся в местной системе координат МСК-36 (например, Хоперский заповедник). Все пространственные данные были приведены к единой системе координат и представлены в единой мере, что позволило в дальнейшем по каждому объекту ООПТ с помощью модуля Points2One геоинформационной системы QGIS, построить полигоны.

В третьих, на заключительном этапе после сборки более 300 полигонов всех ООПТ в один shape-файл, векторный слой был перепроецирован в систему координат UTM зона 37N для подсчета площадей [2]. В таблице атрибутов данного слоя были учтены: площади ООПТ, их категория, кластерность, а также принадлежность к муниципальным районам.

По нашим данным, площадь 212 ООПТ регионального уровня Воронежской области составила 154465,454 га, что значительно отличается от официальных данных в 156081,24 га (табл. 1). Различия площадей отдельных памятников природы (ПП) представлены в таблице 2.

Единственное объяснение столь больших различий может заключаться в следующем: каждый памятник природы фиксировался в официальных документах по полученным координатам без учета возможных наложений на соседние, смежные с ним охраняемые объекты. Последующая верификация полученных пространственных сведений не проводилась, возможности наложения полная или частичная исключались априори.

Расхождения площадей ООПТ как по муниципальным районам, так и по отдельным охраняемым объектам, полученные по авторской электронной модели – сводному векторному слою ООПТ, с одной стороны, подтверждает адекватность примененной авторской методики, с другой – позволяет наметить пути выявления ошибок и разработать алгоритмы их фиксации на картографических материалах. Исправление ошибок, связанных с наложением нескольких ООПТ друг на друга, требует корректировки данных на законодательном уровне, проверки кадастровых записей и, если необходимо, то исправление публичной кадастровой карты, на которой нанесены охраняемые природные объекты.

Частным случаем, который требует специального исследования, следует считать расположение за пределами границ области 874,5 га особо охраняемых территорий (в виде нескольких участков на востоке и севере).

Значительные расхождения площадей отдельных ПП объясняются полным или частичным наложением друг на друга. Полные наложения отмечены нами для следующих ООПТ ранга «памятников природы».

На федеральный заказник «Воронежский»:

1. ПП Красное, 2. ПП Стрелка, 3. ПП Шерешков пруд, 4. ПП Мачтовый бор, 5. ПП Червлёный бор, 6. ПП Болото Клюквенное-2, 7. ПП Дубы «Святогор», 8. ПП Лиственничная аллея, 9. ПП озеро Маклокское, 10. ПП родник Маклокский, 11. ПП Дубовая аллея, 12. ПП озеро Черепашье, 13. ПП болото Клюквенное, 14. ПП болото Самара, 15. ПП р. Усмань в пределах Воронежской области;

На федеральный заказник «Каменная степь»:

16. ПП Каменная степь;

На региональный заказник «Семилукский»:

17. ПП Чернышова гора;

На региональный заказник «Воронежская нагорная дубрава»:

18. ПП Старовозрастные участки Воронежской нагорной дубравы, 19. ПП Дендропарк ВГЛТА, 20. ПП Лысая гора;

На ПП урочище Кругленькое: 21. ПП луг у с. Волоконовка.

Таблица 1

Площади ООПТ регионального уровня Воронежской области по муниципальным районам и городским округам

Название единицы административно-территориального деления	Данные Департамента..., га	Наши данные, га	Разница, га
Репьевский р-н	5110,28	10232,08	-5121,8
Рамонский р-н	1730,93	5232,07	-3501,14
Россошанский р-н	485,67	946,298	-460,628
Борисоглебский г.о.	8,83	327,456	-318,626
Верхнехавский р-н	5678,79	5954,34	-275,55
Новохоперский р-н	2457,58	2710,26	-252,68
Терновский р-н	302,6	515,234	-212,634
Аннинский р-н	5427,25	5626,97	-199,72
Таловский р-н	111,3	301,503	-190,203
Кантемировский р-н	1454,83	1639,79	-184,96
Петропавловский р-н	389,29	449,839	-60,549
Ольховатский р-н	125,6	127,337	-1,737
Подгоренский р-н	4293,84	4295,52	-1,68
Бутурлиновский р-н	3968,3	3968,33	-0,03
Каширский р-н	103,76	103,334	0,426
Хохольский р-н	503,13	500,409	2,721
Каменский р-н	156,01	153,247	2,763
Бобровский р-н	1040,62	1036,84	3,78
Верхнемамонский р-н	882,88	877,915	4,965
Эртильский р-н	277,58	264,152	13,428
Воробьевский р-н	3092,85	3075,38	17,47
Нижнедевицкий р-н	1169,03	1148,91	20,12
Богучарский р-н	2033,67	1894,02	139,65
Поворинский р-н	4414,85	4148,99	265,86
Семилукский р-н	20310,88	20012,15	298,73
Павловский р-н	1175,26	720,96	454,3
Грибановский р-н	6416,03	5752,65	663,38
Новоусманский р-н	1896,83	1211,94	684,89
Калачеевский р-н	32625,7	31938,71	686,99
Панинский р-н	17954,16	17263,5	690,66
Лискинский р-н	3780,62	2803,97	976,65
г. о. Воронеж	7589,56	4372,17	3217,39
Острогожский р-н	19112,73	14859,18	4253,55
Сумма	156081,24	154465,454	1615,786

Таблица 2

Разница площадей ООПТ регионального уровня Воронежской области по официальным данным и данным созданного сводного электронного слоя

Название ООПТ регионального уровня	Данные Департамента ... [3], га	Наши данные, га	Разница, га
ПП Урочище "Кругленькое"	30,48	238,035	-207,55
ПП Урочище "Белогорье"	219,1	238,19	-19,09
ПП р. Усмань в пределах Воронежской области	1735,46	1749,93	-14,47
зак. Яр Рассыпной	32590,43	32476,05	114,38
зак. Семилукский	2725,83	2630,72	95,12
зак. Землянский	17458,12	17391,61	66,51
зак. Михайловский	17745,15	17678,99	66,16
зак. Родники	15660,87	15603,23	57,64
зак. Хоперский	6954,67	6902,27	52,40
зак. "Липчанская гора"	1332,52	1287,9	44,62
зак. Воронежская нагорная дубрава	7043,27	7016,37	26,90
зак. Байгоровский	5009,46	4987,21	22,25
зак. Краснолиповский	4821,41	4801,94	19,47
ПП Болотно-лесной комплекс на террасе р. Хопер	432,62	414,524	18,10
зак. Гарус	4032,3	4017,21	15,09
зак. Великоархангельский	3968,2	3953,64	14,56
зак. "Дивногорье"	3398,87	3386,35	12,52
прир. парк Ломовский ландшафтный	2540,59	2531,55	9,04
зак. Рамонье	2419,49	2410,59	8,90
зак. Песковский	2402	2393,28	8,72
ПП Участок р. Битюг (Аннинский, Таловский р-ны)	1870,83	1863,62	7,21
зак. "Коротояжские акваорешники"	1889,97	1883,02	6,95
ПП Участок р. Воронеж	1520,38	1514,53	5,85
ПП Долина реки Пыховка	1411,6	1406,54	5,06
зак. Дерезовский	800,98	796,303	4,68
зак. "Степной"	1206,87	1202,38	4,49
ПП Участок р. Потудань	764,65	760,255	4,40
зак. Степная балка в окр. с. Острянка	1130,01	1125,84	4,17
зак. "Битюгский"	806,65	803,709	3,14
ПП Исток р. Хава	647,31	644,641	2,67
ПП Дюнные всхолмления	218,45	215,812	2,64
ПП Участок р. Дон (Острогожский р-н)	470,97	468,863	2,11
зак. Ясиновский яр	552,26	550,26	2,00

Частичные наложения отмечены нами для следующих ООПТ:

На федеральный заповедник «Воронежский»:

22. ПП р. Усмань в пределах Воронежской области (площадь наложения 150,2 га)

23. ПП участок р. Воронеж (24,28 га)

На федеральный заповедник «Хоперский»:

24. Федеральный заказник Хоперский (0,001 га)

25. ПП Парк-усадьба Калиново (0,79 га)

На федеральный заказник «Воронежский»:

26. ПП участок р. Воронеж (18,37 га)

На региональный заказник «Дивногорье»:

27. ПП Дивы (0,2 га)

28. ПП Маяцкое городище (0,0015 га)

На региональный заказник «Воронежская нагорная дубрава»:

29. ПП Лесопарковый участок НИИЛГиС (0,19 га)

30. ПП Старинный парк (6,84 га)

31. ПП участок р. Воронеж (24,3 га)

32. ПП уникальное дерево сосны 300-летней (0,001 га)

На региональный заказник «Коротоякские акваорешники»:

33. ПП участок р.Дон (0,17 га)

На ПП урочище «Белогорье»:

34. ПП Граниты докембрийские у с. Басовка (2,15 га)

На ПП Лесокультурное наследие Г.Г. Юнаша:

35. ПП Воронцовское чудо (0,038 га)

На дендропарк «Автон-II опытный дендрарий»:

36. ПП участок р. Воронеж (0,0001 га)

Особенно следует отметить «недоразумения» в характеристике ООПТ и их положения в официальных границах. Приведем только некоторые примеры:

1. Несоответствие ландшафтной структуры и флоры некоторых ПП их официальным границам. Например, много десятилетий воронежские ученые урочища Кругленькое и Кувшин относили к степным ландшафтам, и их описания в кадастровом деле соответствует этим представлениям. Однако, на космических снимках в их официальных границах, участки расположены на заливном лугу и в лесу, соответственно. Еще один яркий пример, это границы ПП Басовские кручи, которые обозначены в пойме р. Дон на выровненной плоской поверхности более чем в 10 км от с. Басовка.

2. Урочища Водяное, балки Попасная и Помяловская в официальных границах явно меньше по размерам, чем считают и изучают ученые.

3. Конфигурация некоторых ООПТ имеет «странную» – правильную форму, что не характерно для природных объектов. Мы предполагаем, что «создатели границ» обвели их по топографическим картам прошлого века (ПП Солонцовая поляна, Помяловская балка).

4. В названиях ООПТ не отражается их современное состояние как природных комплексов. Так, например, озеро Лебяжье сейчас представляет собой травяное болото, практически лишенное открытого водного пространства. И это не столько даже влияние изменений климата и деятельности человека, сколько естественный ход развития озерных водоемов.

Предложения:

1. Провести систематические широкомасштабные полевые исследования с привлечением дистанционных материалов существующих ООПТ, внести поправки в их кадастровые описания и описания границ.

2. Разработать научно-обоснованную сеть ООПТ по принципу экологического каркаса с правильными физико-географическими названиями и максимальными площадями без наложений, повторов, несовпадений положения объектов охраны и их характеристик при участии широкого круга специалистов и общественности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулова Е.А. Особенности формирования, размещения и оптимизации особо охраняемых территорий Воронежской области / Е.А. Акулова, Ю.А. Нестеров // Огарёв-Online. – 2016. – № 16(81). – С. 8.

2. Крутова О.В. ООПТ Бобровского района Воронежской области как объекты дистанционного мониторинга / О.В. Крутова, М.С. Поневажев // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 25-28 апреля 2024 г.) / Воронежский государственный университет. – Воронеж, 2024. – С. 105-113.

3. Приказ департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 13.10.2023 №373. Приложение «Перечень особо охраняемых природных территорий областного значения, расположенных на территории муниципальных районов, округов Воронежской области». – https://orlovskoe-r20.gosweb.gosuslugi.ru/ofitsialno/dokumenty/dokumenty-all_601.html

4. Тикунов В.С. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение / В.С. Тикунов, Д.А. Цапук. – Москва-Смоленск: изд-во СГУ, 1999. – 176 с.

5. Фондовые материалы Постановлений правительства Воронежской области за 2011-2023 гг (12.08.2011 №706, 30.12.2011 №1147, 25.03.2013 № 222, 17.04.2013 № 321, 20.05.2013 № 427, 25.12.2013 № 1161, 31.12.2013 № 1207, 27.01.2014 № 60-64, 10.10.2014 № 918-919, 30.03.2015 № 218, 05.06.2015 № 454, 19.10.2015 № 816, 11.11.2015 № 867, 30.11.2015 № 918, 09.12.2015 № 938, 22.01.2016 № 35, 21.04.2016 № 276, 04.05.2016 № 314-316, 02.02.2017 № 61, 05.06.2017 № 455, 22.12.2017 № 1066, 21.02.2018 № 180, 09.06.2018 № 526, 28.06.2018 № 572, 29.10.2018 № 942, 02.06.2020 № 486, 17.08.2020 № 775, 07.12.2020 № 1069, 15.01.2021 № 9, 12.02.2021 № 65, 08.06.2021 № 342, 27.12.2021 № 797, 12.04.2023 № 263). – <https://pravo.govvrn.ru/content/постановление-правительства-воронежской-области> и <http://oopt.aari.ru>.

ДОМИНИРУЮЩИЕ ЗЛАКИ НА РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЗАЛЕЖАХ В УСЛОВИЯХ МЕЛОВОГО ПОДОНЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНО- КУЛЬТУРНОГО КОМПЛЕКСА ДИВНОГОРЬЕ, ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Л.А. Панкратова
l.pankratova@spbu.ru

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Дивногорье – один из участков мелового юга Центрального Черноземья, где на сравнительно небольшой территории сочетаются уникальные природные объекты и

ландшафтно-архитектурные памятники Донского Белогорья. Постановлением Воронежского облисполкома от 9.06.1991 г. здесь, на территории 1082, 8 га был создан природный, архитектурно-археологический музей-заповедник «Дивногорье». Приказом департамента культуры и архивного дела Воронежской области № 543-ОД от 30.07.2013 г. территории был придан статус объекта культурного наследия народов РФ регионального значения – Достопримечательного места «Природно-культурный комплекс «Дивногорье», при этом охраняемая территория расширилась до 6101 га. Министерство культуры Российской Федерации приказом № 484 от 29.02.2016 г. присвоило «Природно-культурному комплексу «Дивногорье» категорию историко-культурного объекта культурного наследия федерального значения. Общая площадь комплекса с охранной зоной сейчас составляет 17639 га [8].

Дивногорье располагается в юго-восточной части Среднерусской возвышенности и представляет характерные для неё, изрезанные оврагами и балками (с выходами на поверхность карбонатных пород) ландшафты южной лесостепи. В растительном покрове здесь соседствуют кальцефитно-петрофитные, степные, лесные и луговые сообщества. На относительно небольшой площади здесь отчетливо выражены основные типы местности и проявляется ландшафтная специфика целого физико-географического района [2].

Характерной чертой ландшафта Дивногорья является высокое и обрывистое правобережье Дона при впадении в него реки Тихая Сосна. Данный участок представляет собой сильно расчленённую территорию, покрытую овражно-балочной сетью с выходами мела, осыпями и полуотделившимися останцами, встречающимися на всём протяжении сети. Многие представители воронежской ландшафтной школы Ф. Н. Милькова изучали район Дивногорья (А. В. Бережной, В. В. Михно и др.). Ими выделены и подробно охарактеризованы основные типы местности: пойменный, склоновый и плакорный [1, 5, 7].

Плакорный тип местности охватывает водораздельные территории с крутизной склонов не более 3-4°, его отметки над урезом реки Дон составляют 90-95 м. Поверхность водораздела волнистая. В однотипный ландшафт плакоров вносят разнообразие многочисленные ложбины стока, подходящие к верховьям большинства балок.

Ландшафтное богатство определило и флористическое богатство исследуемой территории. Однако в данной работе хотелось остановиться на одном виде злаков – пырее ползучем *Elytrigia repens* (L.) Nevski.

Данные, представленные в данной статье, являются результатом 24-летнего наблюдения, проводимыми автором на разновозрастных залежах в пределах Природно-культурного комплекса «Дивногорье». Восстановление степной растительности на территории заповедника началось более 60 лет тому назад (в послевоенные годы), когда были выведены из пахотного клина первые участки современных залежей. Затем в середине 60-х годов прошлого века перестали распахать еще один участок, а спустя еще 10 лет (1970-1975 гг.) вывели еще, но даже в период перестройки (90-е годы прошлого века), несмотря на катастрофическое состояние сельского хозяйства в стране самые выровненные участки тогда уже основанного заповедника продолжали распахать [6].

Именно благодаря сохранившимся пашням мы получили возможность наблюдать за ходом восстановления степной растительности фактически с нуля.

В настоящее время территория полностью выведена из сельскохозяйственного оборота, а восстановление растительности происходит без вмешательства человека (на территории не проводится масштабных рекультивационных работ, а антропогенное влияние сведено к редкому посещению залежных земель случайными туристами и пожарами).

ми, возникающими по вине человека). Мониторинговые профили по изучению восстановления растительного покрова заложены в 2000 и в 2002 годах, а отдельные участки исследования были добавлены в 2004 и 2005 годах.

Оказалось также весьма трудно найти точные сведения о сроках прекращения распашки некоторых участков заповедника, поэтому возраст некоторых залежей определён «условно» (со слов жителей хутора «Дивногорье» участок рядом с меловой дорогой был выведен из оборота в конце 70-х начале 80 годов прошлого века (участки заповедника, растительность которых находится в стадии длиннокорневищных злаков), а участки близкие по составу к естественной растительности выведены в 50 годы XX века (рис. 1).



- I – участки не подвергавшиеся распашке
- II – участок пашни (посевы подсолнечника в 2005 г.)
- III – участок бывшей пашни выведенной из оборота в 2001 году
- IV – участок залежи, выведенный в 70-80-х гг. XX века
- V – участок залежи, выведенный в середине 60-х гг. XX века
- VI – участок залежи, выведенный в 50-х годах XX века

Рис. 1. Участки разновозрастных залежей на территории «Дивногорье» [6]

Анализ данных показал, что залежи начиная с самых новых и до залежей, имеющих возраст более 50 лет, имеют в составе два вида пырея *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski (*Agropyron intermedium* (Host) Beauv.) – Пырей промежуточный и *E. repens* (L.) Nevski (*Agropyron repens* (L.) Beauv.) – Пырей ползучий. Однако их поведение и появление в составе растительных сообществ различно.

Пырей ползучий – многолетнее травянистое растение, трудно искореняемое, встречается повсеместно. Пырей невероятно живуч. Размножается как семенами, так и с помощью корневища. Может восстанавливаться из небольшого фрагмента корня. Основная часть корневой системы располагается на глубине до 15–20 см. Ризомы (подземные побеги) образуются весь вегетационный период. Цвети пырей начинает в июне. На одном растении образует до 10 тысяч семян, всхожесть которых сохраняется до 12 лет [4].

Пырей ползучий является пионером заселения заброшенных полей. Уже на 2-3 год, после выведения поля из пахотного клина пырей ползучий образует сначала микрогруппировки, а уже к 4-5 году выходит в абсолютные доминанты. Благодаря высокой корневой активности, пырей молниеносно захватывает подземное пространство, составляя конкуренцию Мятлику узколистному *Poa angustifolia* L. На залежах, выведенных из оборота в 70-80-х годах XX века, в составе растительных сообществ пырей ползучий и мятлик узколистный продолжают занимать доминирующие позиции.

Узкая полоса залежей, выведенная из оборота в 60-х годах прошлого века представлена доминированием в составе шалфеев: поникающего *Salvia nutans* L. и мутовчатого *S. verticillata* L. и пырея ползучего с Мятликом узколистным в меньшей степени. Пырей, мятлик и Овсяница валлисская *Festuca valesiaca* Gaud. (*F. sulcata* (Hack.) Nym., р. р.) имеют примерно равные показатели обилия (sp-cop по шкале Друде).

Залежные участки, выведенные из оборота в 50-х годах XX века в составе растительного покрова, уже не имеют пырея ползучего, а мятлик узколистный встречается только вдоль полосы залежей, выведенной из оборота в 60-х годах (см. рис.1). Доминирующими видами злаков здесь выступают Овсяница валлисская и Ковыль волосатик, или Тырса *Stipa capillata* L., Ковыль перистый *S. pennata* L. Интересно, что имея очень схожую экологию пырей промежуточный появляется в составе растительных сообществ только на стадии длиннокорневищных и корнеотпрысковых злаков (участки, выведенные в 70-80-х годах), причем его появление носит куртинный характер и в сообществах на плакорах он не выходит в состав доминантов.

Для наглядности изменения обилия доминирующих злаков по стадиям приведем данные в табличном виде для 2000, 2014 и 2023гг. (табл.1).

Таблица 1

Показатели обилия по группе доминирующих злаков на залежах разного возраста

Дата вывода земель	50-е года			60-е года			70-80-е года			2002		
	2000	2014	2023	2000	2014	2023	2000	2014	2023	2004	2014	2023
<i>Elytrigia intermedia</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	1
<i>Elytrigia repens</i>	1	1	0	2-3	2	2	4-5	4	4	5	4	4
<i>Festuca valesiaca</i>	3-4	3-4	3-4	2-3	3	3-4	1	1	2	0	0	0
<i>Poa angustifolia</i>	2-3	2-3	2	3	3	2-3	4-5	5	5	2	3	4
<i>Stipa sp</i>	3-4	3-4	3-4	2	2-3	3	1	1	2	0	0	1

1 – Un (Unicum), 2 – Sol (Solidaris), 3 – Sp (Sparsus), 4 – Cop1 (Copiosus), 5 – Cop2, 6 – Cop3, 7 – Soc – (Socialis)

Резюмирую исследования можно сказать, что:

1. прямое разрыхление почвы действует благоприятно, только на развитие пырея, горизонтально разрастающиеся корневища, которого лучше растут в рыхлой почве, чем в твёрдой;

2. залежь, выведенная из оборота в 70-80-х годах, занимает плакорный участок заповедника с максимальными отметками высот. Растительные сообщества этого участка находятся в стадии длиннокорневищных и рыхлодерновинных злаков по настоящее время. Анализ, полученных в 2000-2023 годах, данных показал, что основная доминирующая роль в составе растительных сообществ остается за двумя злаками – *Elytrigia repens* и *Poa angustifolia*, но чаще доминантом выступает мятлик узколистый, имея высокое проективное покрытие (более 60%) и высокое постоянство (V класс) в описанных сообществах.

3. На залежах, выведенных из оборота в середине 50-х годов растительные сообщества находятся в стадии дерновинных злаков, а роль пырея ползучего и мятлика узколистого в их составе незначительна. Доминирующими видами здесь являются степные виды ковыля (ковыль перистый и Тырса) и овсяница валлиская.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бережной А.В. Дивногорье: природа и ландшафты / А.В. Бережной, Ф.Н. Мильков, В.Б. Михно; под ред. Ф.Н. Милькова. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та. – 1994. – 125 с.

2. Бережная Т.В. Специфика типов местности ландшафтного узла «Дивногорье» / Т.В. Бережная, А.В. Бережной // Дивногорский сборник: труды музея-заповедника «Дивногорье». – Воронеж, 2018. – Вып. 7. – С. 19-29.

3. Жукова Л.А. Онтогенез пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. – Йошкар-Ола, 1997. – С. 187-191.

4. Ларин И.В. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР: в 3 т. / под ред. И.В. Ларина. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1950. – Т. 1: Споровые, голосеменные и однодольные. – С. 462–471. – 689 с.

5. Михно В.Б. Ландшафтный мониторинг территории достопримечательного места «Природно-культурный комплекс «Дивногорье» / В.Б. Михно, И.С. Назаров // Дивногорский сборник: труды музея-заповедника «Дивногорье». – Воронеж, 2018. – Вып. 7. – С. 19-30.

6. Панкратова Л.А. Восстановительные сукцессии степной растительности агроландшафтов Воронежской области (музей-заповедник «Дивногорье»): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – СПб., 2009.

7. Природа и ландшафты Подворонежья / Под ред. Ф.Н. Милькова. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1983. – 253 с.

8. Флора Дивногорья / В.А. Агафонов и др. – Воронеж: Изд-во Строки, 2023. – 172 с.

ДИНАМИКА ОВРАГООБРАЗОВАНИЯ И РАЗМЫВА БЕРЕГОВ РЕК НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ

И.И. Рысин, И.И. Григорьев, М.А. Пермяков
rysin.iwan@yandex.ru

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

Целью настоящей статьи является анализ динамики и выявление тенденций развития овражной эрозии и русловых размывов берегов рек на территории Удмуртской Республики (УР) за многолетний период, что весьма актуально в условиях современного глобального изменения климата. Актуальность исследования связана также с большим

экономическим ущербом, оказывающим эрозионными и русловыми процессами сельскохозяйственному производству и социальной сфере. Результаты исследования найдут применение для научного обоснования методов и приемов защиты от эрозионных и русловых процессов и их прогнозирования.

Исследования эрозионных процессов на территории УР нами были начаты еще в 1976 году, мониторинг овражной эрозии ведется с 1978 года. Основные результаты исследований овражной эрозии за период с 1978 по 1997 годы были изложены в нашей монографии [1]. Работы по изучению русловых размывов берегов рек были начаты в 1999 году по заданию Государственного комитета по недрам УР.

В работе впервые представлены результаты длительных (1978–2023 гг.) полевых наблюдений за линейным ростом оврагов в пределах юга Вятско-Камского междуречья на территории УР. На 2023 г. в систему мониторинга на землях сельскохозяйственного назначения входят 169 вершин оврагов, которые располагаются на 28 ключевых участках в различных ландшафтных условиях юга Вятско-Камского междуречья.

Определение темпов линейного прироста оврагов производится путем измерения расстояния от вершины оврага до предварительно установленного репера. На большинстве участков (127 вершин оврагов) наблюдения проводятся один раз в год (летом), а на девяти ключевых участках (42 оврага) измерения осуществляются дважды: в мае, после снеготаяния и в октябре или начале ноября, после окончания сезона летне-осенних ливней [1]. Линейные, площадные и объемные показатели размывов в оврагах и руслах рек рассчитывались на основе геодезических съемок с применением электронных тахеометров и беспилотных летательных аппаратов.

За весь 46-летний период наблюдений на фоне общего нисходящего тренда отчетливо выделяются 4 пика с максимальными значениями, которые все относятся к первому этапу наблюдений 1978–1997 годы: 1979 г. (2,8 м/год), 1990 и 1991 гг. (1,9 и 2,3 м/год) и в 1994 г. (1,8 м/год) (рис.1). Усиление темпов отступления вершин оврагов в эти годы было обусловлено интенсивностью половодного стока и значительной долей пашни на их водосборах [2]. После 1997 г. среднегодовые темпы отступления вершин оврагов резко уменьшились и только в 1998 и 2001 гг. превышали значение 0,5 м/год, достигнув минимума в 2008 г. (0,05 м). При этом более активным ростом характеризуются вторичные овраги [3].

Анализ данных мониторинга показывает, что наибольшие различия по средне-многолетним скоростям линейного роста наблюдаются среди первичных оврагов (0,59 м/год), чуть выше эти показатели у вторичных оврагов – 0,74 м/год. Сокращение темпов прироста первичных оврагов по типам отличаются незначительно – от 5,5 до 6,5 раз, а у вторичных оврагов различия более существенные – от 2,65 раз у донных, до 5,12 раз у вершинных, при этом отмечается увеличение в 3,57 раза в развитии пойменных оврагов (табл. 1).

Среди первичных наиболее интенсивно развиваются приводораздельные (склоновые) овраги, их средняя многолетняя скорость за рассматриваемый период составляет 0,83 м. Максимальная скорость отмечена в 1985 г. у с. Мушак Киясовского района и составила 80,3 м, второй максимум был зарегистрирован в этом же овраге в 1984 г. (63,2 м). Средние многолетние скорости прибалочных (0,57 м) и придолинных (0,42 м) оврагов намного меньше (табл. 1). Существенно ниже у данных типов и максимальные скорости: у придолинных, соответственно 18,8 м (2002 г.), а у прибалочных – 5,1 м (1999 г.).

Вторичные овраги развиваются более активно, чем первичные (рис.1). Если средние многолетние скорости у донных оврагов выше, чем у вершинных и пойменных, то по максимальным скоростям наиболее высокие показатели у вершинного оврага (84,58 м) были зарегистрированы в 1979 г. на участке у с. Варзи-Ятчи Алнашского района. Для

донных оврагов максимум (13,8 м) был отмечен в 2001 г. у д. Курегово Малопургинского района. Для пойменного оврага максимальная величина годового прироста зафиксирована в 1991 г. и составила 2,64 м. Следует учесть, что с 2007 года мы ведем наблюдения над новым пойменным оврагом, возникшим на высокой левобережной пойме р. Варзинка у д. Юмьяшур Алнашского района. Овраг развивается вследствие частых прорывов двух земляных дамб в устье и в средней части балки, созданных для накопления талых вод для водопоя скота летом. Так, в первый год прорыва земляных запруд в 2007 году он вырос на 53 м. Второй максимум прироста был зарегистрирован на следующий 2008 г. (38 м), что было связано с повторным прорывом дамб.



Рис. 1. Динамика среднегодовых скоростей прироста первичных, вторичных и всех типов оврагов на территории Удмуртии за 1978 – 2023 годы

Таблица 1

Средние многолетние скорости роста различных типов оврагов УР (м/год)

Типы оврагов*	Количество, единиц	1978-1997 гг.	1998-2023 гг.	Сокращение темпов, количество раз	1978-2023 гг.
Первичные овраги					
ПБ	16	1,04	0,19	5,47	0,57
ПВ	52	1,56	0,24	6,50	0,83
ПД	31	0,77	0,13	5,92	0,42
Вторичные овраги					
В	43	1,28	0,25	5,12	0,72
Д	25	1,38	0,52	2,65	0,93
П	2	1,69	6,03	+3,57 (увеличение)	3,86

*Типы оврагов: ПБ – прибалочные, ПВ – приводораздельные, ПД – придолинные, В – вершинные, Д – донные, П – пойменные

Литолого-геоморфологическое строение территории, глубины местных базисов эрозии, морфометрические характеристики склонов и их экспозиция, а также величины водосборной площади, ширина и глубина оврага при вершине являются одними из наиболее важных условий, влияющих на процессы овражной эрозии. Данные анализа роли последних в развитии оврагов за временной интервал 1998–2020 гг. рассмотрены нами в отдельной работе [4].

С целью исследования особенностей развития горизонтальных русловых деформаций на территории УР по крупномасштабным топографическим картам было выделено 55 ключевых участков, охватывающих реки разной величины. Полевые работы на изучаемых реках проводятся ежегодно (с 1999 года) в летний период, а на отдельных участках (около г. Ижевска), еще дополнительно весной и осенью. Для определения скоростей размыва на всех ключевых участках было заложено около 300 реперов и марок, а в пределах 30 из них проводится тахеометрическая съемка размываемого берега [5].

Анализ полученных за 24 года полевых данных свидетельствует о большом диапазоне скоростей бокового размыва рек. По данным полевых экспедиционных наблюдений наибольшие скорости размыва характерны для рек с порядком выше 9-го по А. Е. Шайдеггеру [6]. Максимальные значения размыва, наблюдаемые на таких реках, достигают 6-8 м и более, среднегодовые скорости размыва колеблются в интервале 0,8-3,1 м/год. На р. Вятка, имеющей 15-й порядок, среднегодовые скорости размыва превышают 3-5 м/год, а максимальные из зафиксированных значений составляют 12-15 м/год. Достаточно активно проявляются горизонтальные русловые деформации на р. Чепца у д. Яр (порядок 12,3): среднегодовые скорости размыва здесь составляют обычно 1-3 м/год, а максимальные – 7,1 м были отмечены в 2005 году.

Для малых рек (6-9 порядок) средние скорости отступления берега составляют 0,3-0,5 м/год. Но на отдельных участках размывы намного выше: на р. Кырыкмас (лев. пр. р. Иж) у д. Тавзямал Киясовского района УР в 2012 году максимальный размыв составил 5,05 м, в 2017 году, соответственно – 5,35 м. На р. Пызеп (прав. пр. р. Чепца) у д. Бани в 2012 году максимальный размыв на одном из участков составил 4,8 м, а в 2019 году данный показатель достиг рекордных для данной группы – 5,5 м (рис.2).

А



Б



Рис. 2. Интенсивно размываемый участок на р. Кырыкмас в июле 2023 г. (А) и размыв деревьев с корневой системой р. Пызеп у д. Бани Балезинского района УР (Б)

Для очень малых рек (порядок ниже 6-го) значения средних скоростей размыва составляет – 0,1-0,3 м/год, хотя в отдельных точках зарегистрировано смещение берега на 1 м и более. Так, на участке реки Шаркан у д. Титово (порядок 5,6) средний максимальный размыв в 2000 и в 2003 годах превысил 2 м. На реке Адамка у с. Грахово (порядок 3,8) средний максимальный размыв в 2011 году составил 4,2 м, а на р. Агрызка у д. Баграш-Бигра (порядок 4,5) максимальный размыв в 2003 году составил 8,1 м, что было вызвано прорывом земляной дамбы выше расположенного пруда. Анализ среднегодовых и максимальных размывов (без учета данных тахеометрической съемки) за 24-летний период показал, что в последние годы отмечается тенденция уменьшения величин размыва. При этом данная тенденция в меньшей степени проявляется для группы малых рек с порядком 6,1–9,0. Можно предположить, что это связано со снижением интенсивности половодного стока на изучаемых реках. Возможно, что участки активного размыва могли сместиться за прошедшее время от мест с реперными наблюдениями на ниже расположенные излучины. О смещении максимальных участков размыва в сторону нижнего крыла излучины указывается, например, в наблюдениях на р. Керженец в Нижегородском Заволжье. Результаты же тахеометрической съемки показывают обратную картину: величины размывов (линейных, площадных и объемных), наоборот, имеют положительный тренд [7]. При этом наибольшие размывы для многих рек зарегистрированы в 2012, 2013, 2016 и 2021 годах, когда на них отмечались и наиболее высокие половодья. При этом на р. Кырыкмас (порядок 8,4) в 2021 году зафиксирована рекордная за весь период наблюдений величина размыва – 8,14 м.

Выводы.

За рассматриваемый многолетний период наблюдений на фоне общего нисходящего тренда отчетливо выделяются 4 пика с максимальными значениями, которые все относятся к первому этапу наблюдений (1978–1997 гг.). Высокие темпы роста вершин оврагов в эти годы было обусловлено интенсивностью половодного стока и значительной долей пашни на их водосборах. Отмечается наиболее активный рост вторичных оврагов, среди которых выделяются донные и вершинные, имеющие обширные водосборные площади. Среди первичных оврагов максимальные скорости роста характерны для приводораздельных (склоновых) оврагов, размывающих делювиально-солифлюкционные суглинки.

Анализ многолетних (2000–2023 гг.) полевых исследований горизонтальных русловых деформаций на реках Удмуртии показал, что скорости бокового смещения берегов варьируют в большом диапазоне: от нескольких сантиметров до многих метров (10-15 м/год). Интенсивность размыва в первую очередь зависит водности реки, которая часто определяется порядком водотока. Максимальные размывы характерны для рек с порядком выше 14 (по схеме А. Шайдегера), достигающие 12-15 м/год, а среднегодовые значения составляют 3-5 м/год. Для средних рек (с порядком 9-14) максимальные величины размывов составляют 6-8 м/год, а среднегодовые – 1-3 м/год. Для малых рек с порядком 6-9 максимальные размывы достигали 5,5 м/год, среднегодовые варьировали в пределах 0,4-0,6 м/год. На очень малых реках (порядок 6 и менее) максимальные скорости размыва берегов достигали до 4,2 м/год в естественных условиях и до 8,1 м/год при техногенном вмешательстве, среднегодовые величины размывов составляли обычно 0,1 – 0,3 м/год.

Благодарность. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00194, <https://rscf.ru/project/23-27-00194>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рысин И.И. Овражная эрозия в Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удмурт. ун-та, 1998. – 274 с.
2. Рысин И.И., Григорьев И.И., Зайцева М.Ю., Голосов В.Н. Линейный прирост оврагов Вятско-Камского междуречья на рубеже XX и XXI столетий // Вестник Моск. ун-та, Сер. 5. География. – 2017. – № 1. – С. 63–72.
3. Golosov V., Yermolaev, O. Rysin I., Vanmaercke M., Medvedeva R., Zaytseva M. Mapping and spatial-temporal assessment of gully density in the Middle Volga region, Russia // Earth Surface Processes and Landforms. 2018. V. 43, N 13, P. 2818-2834. DOI: 10.1002/esp.4435.
4. Рысин И.И., Зайцева М.И., Сунцов Д.А. Влияние ширины и глубины вершинного уступа оврагов на скорость их роста на территории Удмуртской Республики // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2021. – Т. 31, вып. 1. – С. 76-87.
5. Рысин И.И., Петухова Л.Н. Русловые процессы на реках Удмуртии. – Ижевск: Ассоциация «Научная книга», 2006. – 176 с.
6. Шайдеггер А.Е. Теоретическая геоморфология. – М.: Прогресс, 1964. – 450 с.
7. Рысин И.И., Григорьев И.И., Петухова Л.Н., Андреев О.Н. Результаты многолетних исследований русловых размывов на реках Удмуртии // Эрозионные и русловые процессы. Вып. 7. Сборник трудов / под ред. Р.С. Чалова. – М.: Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020. – С. 269–280.

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ: УЧЕНИЕ СТАРОЖИЛОВА О НООЛАНДШАФТОСФЕРЕ – ФУНДАМЕНТ ПРАКТИК ОСВОЕНИЯ И РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СОХРАНЕНИЯ ЦИВИЛИЗАЦИЙ ЕВРАЗИИ И ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ

В.Т. Старожил
Starozhilov.vt@dvfu.ru

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

Введение. Работа это продолжение авторских разработок «Ландшафтопользование России», «Нооландшафтосфера», «Природа в границах: нооландшафтосфера и парадигма ландшафтопользование», «Учение Старожилова о нооландшафтосферы планеты Земля», «Нооландшафтосфера – фундамент практик земледелия планеты Земля», «Нооландшафтосфера приоритетная основа развития почвоведения» и других. Они представляют фундаментальные разработки по новому в России и мире научно-прикладному направлению по моделям природы (ландшафтам) как фундамента практик отраслевого и комплексного освоения, экологии, почвоведения планеты Земля и развития в целом любых инновационных технологий и в том числе почвоведения, сельского хозяйства и решения проблем трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов. Все отмеченные выше работы представляют собой разработки ландшафтно-прикладного направления и нацелены на выполнение государственных задач по освоению, развитию любых инновационных технологий освоения и созданию благоприятной экологии для существования цивилизаций Евразии и планеты Земля. Работа связана с усилением освоения России и особенно с планами развития и освоения

её восточных регионов. Планы сегодняшнего дня потребовали от науки, практики и образования новых современных подходов, новых технологий и компетенций в решении задач практик освоения. Отмеченное определило разработки Тихоокеанского международного ландшафтного центра и зав. кафедрой почвоведения Дальневосточного федерального университета профессора В. Старожилова. В 2023 году были разработаны парадигма «Ландшафтопользование России», разработаны, сформулированы и выделены новая геологическая оболочка «Нооландшафтосфера», «Нооландшафтосфера – приоритетная основа развития инновационных технологий почвоведения» и решения локальных, региональных и глобальных проблем географии, экологии почв, решения проблем трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов. Они как фундаментальные направления знаний определили обобщение материалов (не только теоретических но и экспедиционных производственных исследований, более 30 полевых сезонов, и в том числе производственных комплексного направления) и разработку на основе знаний о них учения о нооландшафтосфере как глобального, регионального, локального фундамента практик освоения и в том числе трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов планеты Земля. Оно получило название «Учение Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля», а по содержанию представляет учение о фундаменте любых практик освоения и решения локальных, региональных и глобальных проблем географии, экологии почв и в том числе трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов. По нашему мнению, в результате исследований сформулирована и выделена глобальная сфера и выделен категорически важный фундамент практик освоения и решения проблем географии, экологии почв, а также трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов не только России, но и планеты Земля. По большому счету выделенная сфера как глобальный фундамент практик комплексного и отраслевого освоения позволит человечеству обобщить и обобщать накопленный статистический материал по освоению сферы не только отдельных стран, например России, но и цивилизаций в целом. Это в свою очередь даст возможность изучать и решать проблемы географии, экологии почв, трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния с учетом изучения природы (ландшафтов) на уровне такого внутреннего их содержания, как вещественные комплексы литосферы, тектоники, рельефа, климата, вод, почв, растительности и биоценозов. На государственных уровнях, наметить экологически достойные пути освоения территорий и уже сегодня принять меры по путям сохранения уже сегодня трансформируемого фундамента практик освоения планеты Земля – нооландшафтосферы и уже сегодня наметить пути решения возникающих при освоении проблем сохранения цивилизаций Земли.

Цель публикации — обосновать в Российской науке необходимость рассматривать и применять новую научно-прикладную парадигму «ландшафтопользование России», «Нооландшафтосферу» и «Учение Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» как основу построения моделей освоения естественных ландшафтных систем территорий, а также уже сегодня наметить пути решения возникающих при освоении проблем сохранения цивилизаций Земли.

Считать их наиболее эффективной основой совершенствования системы, определяющей базовые ландшафтные модели основ моделей освоения территорий.

Материалы и методы. Используется материал по ландшафтам, полученный благодаря работ по Тихоокеанскому ландшафтному поясу (doi:10.18411/a-2017-089), (<https://doi.org/10.18411/a-2017-089>), а также при разработке парадигм: общей Дальневосточной ландшафтной парадигмы и Дальневосточной ландшафтной парадигмы индика-

ции и планирования (doi:10.18411/lj-05-2020-26), разработок по картографическому оцифрованному ландшафтному обеспечению индикации, планирования и геоэкологического мониторинга юга Тихоокеанского ландшафтного пояса России (doi:10.18411/lj-05-2020-27), «О необходимости принятия к практической реализации новую ландшафтную стратегию к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан» (doi: 10.24412/1728-323X-2021-2-36-43) и разработок «к пространственному развитию территорий: районирование Тихоокеанского ландшафтного пояса геосистемы Восток России-Мировой океан (DOI: 10.24412/1728-323X-2021-4-48-59); и в целом работ «Ландшафтоведение: стратегия, опыт практик в освоении территорий геосистем континент-мировой океан» (ID: 45641013). Применялись авторские разработки по «Ландшафтопользование России», «Нооландшафтосфере» и «учению Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля».

Общей методологической основой исследований является комплексная основа ландшафтного научно-практического направления, разработанная Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова, направленная на рациональное освоение и использование территорий, минимизацию глобальных и региональных последствий изменения природы и общества, поиск и внедрение инновационных подходов в устойчивом, экологически сбалансированном и безопасном развитии обширного региона.

При моделировании и выделении приоритетной основы используется методология новой ландшафтной стратегии к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан. Это, прежде всего, сформулированные базовые подходы к её разработке на основе современных, прогрессивных результатов ландшафтной научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», разработок по «Нооландшафтосфере» и «учению Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» разработанных Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова.

Применялись результаты моделирования новой научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», новой геологической оболочки Земли «Нооландшафтосферы» и «Учения Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» к пространственному развитию территорий, результаты стандартизации консервативных характеристик внутреннего содержания каждого ландшафта, составления их паспорта и материалов по опорному ландшафтному «фундаменту» пространственной организации, обеспечивающей достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний.

Значимым является то, что в основу рассмотрения применения рассматриваемых в работе основ к изучению освоения, положены направленные на практическую реализацию ландшафтного метода многолетние авторские полевые геолого-географические и географические научные и производственные исследования обширной территории окраинной зоны Востока России, которые в свою очередь включают полевые исследования Сихотэ-Алинской, Сахалинской, Камчатской, Анадырской ландшафтных областей. В целом отметим, что получен материал в системе ландшафт, вид, род, подкласс, класс, тип, округ, провинция, область, пояс ландшафтов. При обосновании применения материалов по таксонам при обосновании применения новой парадигмы «ландшафтопользование России», новой геологической оболочки Земли «Нооландшафтосферы» и «Учения Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» к освоению использовались материалы практической реализации ландшафтного подхода с применением ландшафтной индикации, а также применения векторно-слоевого ландшафтного картографирования и

материалов прикладных исследований в различных направлениях освоения и в том числе исследований по землеустройству, землепользованию, трансформации почв и др. [1-17].

Результаты. Получен фундаментальный результат, заключающийся в том, что для реализации практик рассмотрения возможностей и необходимости проведения изучения освоения необходимо иметь прежде всего оцифрованную векторно-слоевую морфологическую ландшафтную основу. Такие основы как в целом по поясу, так и по его отдельным регионам получены (Сихотэ-алинской, Сахалинской ландшафтными областями и др.). Для реализации поставленных задач получены, прежде всего, оцифрованные векторно-слоевые морфологические ландшафтные модели (векторно-слоевые ландшафтные карты), которые на цифровом уровне дают знание строения географического пространства рассматриваемого объекта:

- карта ландшафтов Тихоокеанского ландшафтного пояса, областей и прилегающих морей в масштабе 1: 3 000 000 (автор Валерий Старожилов). На карте также выделены ландшафтные области: Сихотэ-Алинская, Нижнеамурская, Приохотская, Колымская, Анадырская, Чукотская, Корякская, Камчатская, Сахалинская и другие. Формулируются и выделены сопряженные с континентальными областями, провинциями, округами области, провинции, округа Тихоокеанских окраинных морей;

- ландшафтная карта Приморского края масштаба 1:1 000 000 (автор Валерий Старожилов, сжатая версия электронной карты ландшафтов Приморского края масштаба 1:500 000);

- карта ландшафтного районирования Приморского края масштаба 1:1 000 000 (автор Валерий Старожилов). Выделено 54 округа, 8 провинций, 4 области;

- на основе базовой карты ландшафтов Приморского края (на карте картографировано 3156 выделов ландшафтов), так как она цифровая, то было получено отдельных 3156 карт по всем выделенным на карте выделам ландшафтов. На основе карты районирования, так как она цифровая векторно-слоевая, то было получено отдельных 66 карт ландшафтных единиц районирования;

- впервые для Азиатско-Тихоокеанского региона издана (автор Валерий Старожилов) объяснительная записка к карте ландшафтов Приморского края масштаба 1: 500 000. В ней описано 3156 выделов ландшафтов и их паспортов;

- на основе основной векторно-слоевой карты ландшафтов Приморского края составлены частные векторно-слоевые карты ландшафтов и высотно-ландшафтных комплексов островных, озерных и горных водосборов Тихоокеанского ландшафтного пояса, в том числе составлена карта ландшафтов и высотно-ландшафтных комплексов водосбора озера Ханка;

- ландшафтная карта острова Сахалин в масштабе 1: 500 000. В настоящее время карта уже издана, а объяснительная записка к ней готовится к изданию;

- ландшафтная карта урочищ и групп урочищ о. Русский и прилегающих к нему островов Владивостокского городского округа масштаба 1: 25 000;

- карта положения и эволюции палеоструктур и сопряженных с ними элементов зоны перехода северо-востока Азии к Тихоокеанской плите.

Кроме того, получен фундаментальный результат по паспортизированным и с проведенной индикацией ландшафтам Тихоокеанского ландшафтного пояса и их структурам в системе ландшафт, вид, род, класс, тип, округ, провинция, область, пояс, который нужно использовать в решении вопросов освоения геосистемы континент — Мировой океан.

Важно отметить, что именно с появлением отмеченных картографических разно-масштабных документов появилась возможность анализировать ландшафтные модели, сравнивать между собой и рассматривать их природным «фундаментом» и основой для построения гармонизированных с природой различных моделей освоения.

На основе применения отмеченных выше основ обозначена и сформулирована технология создания моделей освоения на основе моделей опорного ландшафтного «фундамента» геосистемы Восток России-мировой океан.

Установлена, при построении моделей освоения на основе результатов практического применения парадигмы «ландшафтопользование России», новой геологической оболочки Земли «Нооландшафтосферы» и «Учения Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля» программно-целевая необходимость использования междисциплинарного мышления, междисциплинарного сопряженного анализа и синтеза межкомпонентных и межландшафтных связей с учетом данных по орогеническому, орографическому, климатическому, фиторастительному, биогенному факторам формирования территорий освоения.

Также подтверждается и отмечается, что освоение региональных естественных ландшафтных систем направлено на рациональное освоение и использование территорий, минимизацию глобальных и региональных последствий изменения природы и общества, поиск и внедрение инновационных подходов в устойчивом, экологически сбалансированном и безопасном развитии территорий. Основывается на анализе, синтезе и оценке не только теоретических результатов научных исследований, но и практической реализации ландшафтного подхода в различных отраслях науки и производства России, Евразии и планеты Земля.

Заключение. Разработано Российское учение о нооландшафтосфере как глобального, регионального, локального фундамента практик освоения и в том числе решения проблем трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов планеты Земля. Оно получило название «Учение Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля», а по содержанию представляет учение о фундаменте любых практик освоения и решения локальных, региональных и глобальных проблем географии, экологии почв, туризма России и планеты Земля и в том числе трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния объектов. По нашему мнению, в результате исследований сформулирована и выделена глобальная сфера и выделен категорически важный фундамент практик освоения и решения проблем географии, эволюции и экологии почв, а также трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния техногенных объектов не только России, Евразии, но и планеты Земля. По большому счету выделенная сфера как глобальный фундамент практик комплексного и отраслевого освоения позволит человечеству обобщить и обобщать накопленный статистический материал по освоению сферы не только отдельных стран, например России, но и цивилизаций в целом. Это в свою очередь даст возможность изучать и решать проблемы географии, эволюции и экологии почв, трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния с учетом изучения природы (ландшафтов) на уровне такого внутреннего их содержания, как вещественные комплексы литосферы, тектоники, рельефа, климата, вод, почв, растительности и биоценозов. На государственных уровнях, наметить экологически достойные пути освоения территорий и уже сегодня принять меры по путям сохранения уже сегодня трансформируемого фундамента практик освоения и решения проблем трансформации, мониторинга, почвенно-экологического состояния осваиваемых территорий. Рекомендуем увидеть важность проектируемых бизнес-моделей развития территорий в сохранении нооландшафтосферы как дома цивилизаций.

и применять при определении путей и прогнозировании их развития знания об впервые разработанных в Дальневосточном федеральном университете «Ландшафтопользования России», «Нооландшафтосфере» и «Учения Старожилова о нооландшафтосфере планеты Земля».

ЛИТЕРАТУРА

1. Старожилов В.Т. Вопросы землеустройства и землеустроительного проектирования. Гераськин М.М., Троицкий В.П., Нестерова О.В., Старожилов В.Т., Пилипушка В.Н. учебное пособие. – Владивосток, 2009.
2. Старожилов В.Т. Человек и природа в социокультурном измерении: актуальные социально-экономические проблемы населения горняцких поселков. Леонинко А.В., Старожилов В.Т. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – №55. – С. 353– 362.
3. Старожилов В.Т. Уровни фосфоритонакопления Приморья // Фосфаты Дальнего Востока. – Владивосток, 1980. – С. 131–134.
4. Старожилов В.Т. Потенциально фосфоритоносные формации Приморья // Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. – Владивосток, 1980. – С. 100-108.
5. Старожилов В.Т. Геохимия и рудоносность базитов и гипербазитов фундамента ландшафтов складчатых областей зоны перехода северо-востока Азии к Тихоокеанской плите // Дальний Восток России: География. Гидрометеорология. Геоэкология. Материалы шестой научной конференции: к всемирным дням Воды и Метеорологии, 2005. – С. 174 -179.
6. Старожилов В.Т. Геоэкология ландшафтов зоны влияния теплоэлектростанции: Старожилов В.Т., Матвеев Т. И., Крупская Л. Т., Дербенцева А. М., Коробова И. В. – Владивосток, 2009.
7. Старожилов В.Т. Ландшафтное картографирование районов минерально-сырьевого природопользования в Приморье // Изв. Рос. акад. Наук. Сер.геогр. – 2013. – № 1. – С. 99-104.
8. Старожилов В.Т. и др. Картографический эколого-ландшафтный подход в оптимизации природопользования / Старожилов В.Т., Дербенцева А.М., Нестерова О.В., Ткаченко В.И., Евсеев А.Б. // Горн. информ. аналит. бюллет. – 2009. – № 55. – С. 271-277.
9. Старожилов В.Т. и др. Некоторые итоги и перспективы ландшафтного картирования России / Солодянкина С.В., Кошкарев А.В., Ганзей К.С., Исаченко Г.А., Лысенко А.В., Старожилов В.Т., Хорошев А.В., Черных Д.В. // География и природные ресурсы. – 2021. – Т. 42, № 3. – С. 23-36.
10. Старожилов В.Т. Структурно-тектоническое районирование Пионерско-Шельтинской зоны восточно-сахалинских гор о. Сахалин. // Тихоокеанская геология. – 1990. – Т. 9, № 3. – С. 90-96.
11. Старожилов В.Т. и др. Денудационные процессы в ландшафтах и геоэкологические предпосылки техногенных изменений / Старожилов В.Т., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М., Черенцова А.А., Степанова А.И., Ткаченко В.И., Матвеев Т.И. – Владивосток, 2009.
12. Старожилов В.Т. Региональные особенности компонентов и факторов структуры и организации ландшафтов юга Дальнего Востока (на примере Приморского края). – Владивосток, 2007.

13. Старожилов В.Т. Структура и пространственная организация ландшафтов юга Дальнего Востока (на примере Приморского края). – Владивосток, 2007.

14. Старожилов В.Т. и др. Обеспечение экологической безопасности источников экологического риска на оловорудных предприятиях юга Дальнего Востока / Крупская Л.Т., Грехнев Н.И., Зверева В.П., Новороцкая А.Г., Дербенцева А.М., Старожилов В.Т. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 4. – С. 81-88.

15. Атлас Приморского края / Вострецов Ю.Е., Кононенко Н.А., Сергеев О.И., Тураев В.А., Галлямова Л.И., Мандрик А.Т., Проскурина Л.И., Ващук А.С., Медведева Л.М. и др. – Владивосток, 2008.

16. Старожилов В.Т. Ландшафтная география Приморья. Том. Книга 2. Районирование. – Владивосток, 2013.

17. Старожилов В.Т. Ландшафты Приморского края и использование ландшафтного подхода в оценке экологических проблем минерально-сырьевого природопользования. – Владивосток, 2011.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕДНИКОВ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГЛЯЦИОЛОГИИ

А.Н. Тюрин
turin55@rambler.ru

Оренбургский государственный педагогический университет, г.Оренбург, Россия

Самым ранним исследованием ледников является труд, который принадлежит немецкому учёному Себастьяну Мюнстеру, он в 1546 году описал ледник, находившийся в Альпах. Только в XVIII-XIX в. Гляциология начала формироваться как самостоятельная наука и основывалась только на изучении ледяных покровов Арктики и Антарктиды. Развитие данной науки разделилось на два этапа. Первый этап относится к XIX веку, по большей части он был описательным, наметился круг проблем гляциологии. Второй этап получил своё развитие в XX веке и отличается он тем, что уже были применены практические методы (фотограмметрия, аэрофотосъёмка, геофизическое зондирование, пылецевой анализ, термическое бурение и др.).

В работах М.В. Ломоносова есть предположения о том, что существует ледник у Южного полюса, а спустя несколько десятилетий откроют Антарктиду. Это нам говорит о том, что ещё в XVIII веке в России интересовались изучением ледяных покровов. В России подробное изучение ледников началось в XIX веке по инициативе Русского географического общества (РГО). Ещё с самого открытия в 1845 году РГО занимались исследованием ледников. Изначально это были различные открытия и первичное изучение ледников, затем начался углубленный этап изучения, который основывался на стационарных исследованиях. В 1984 году в России была создана «ледниковая комиссия», которую возглавлял Иван Васильевич Мушкетов. Комиссия в России занималась исследованием ледников на Кавказе, в Средней Азии, на Алтае [5].

Буш Николай Адольфович (1869-1941) занимался исследованием ледников Кавказа, в ходе которого совершил 17 экспедиций. В 1897 году он описал 190 новых ледников. Главным результатом его исследований стал вывод о том, что ледники Кубани находятся в процессе современной дегляциации [2]. Вместе с ним К.И. Подозерский и Г.В. Аби́ха дали точную характеристику ледников Кавказа. В этот период Кавказским

отделом РГО было проведено множество экспедиций, так, большое количество исследователей привнесли много данных о кавказских ледниках. Например, Николай Яковлевич Динник (1847-1917) описал крупнейшие ледники, отметил некоторую активность ледников Эльбруса и Казбека. Константин Николаевич Россиков создал детализированное описание ледников Центрального Кавказа. Результаты исследований Кавказа были освещены на научных заседаниях РГО и их научных журналах [3].

Самыми менее изученными территориями были Средняя Азия и Казахстан. Первым, кто исследовал эти места был Пётр Петрович Семёнов-Тянь-Шанский. Он создал базу, на основе которой последующие исследователи, такие как А.П. Федченко, Г.Е. Щуровский, В.Ф. Ошанин, Н.А. Северцов, И.В. Мушкетов, В.А. Обручев, Л.С. Берг, продолжили его работу. Пётр Петрович опроверг предположение А. Гумбольдта о том, что здесь встречаются вулканы, на деле же это оказались многочисленные скопления льдов. Главными его достижениями являются создание схемы орографии Центрального Тянь-Шаня, получение первых данных о весомерном оледенении и открытие Зеравшанского ледника. Будучи долгое время вице-председателем Русского географического общества П.П. Семёнов-Тянь-Шанский стал основоположником множества экспедиций в Среднюю Азию. Для многих поколений гляциологов его труд «Россия. Полное географическое описание нашего Отечества» стал отличной базой для самостоятельных исследований [4].

В конце XIX века был организован Первый международный полярный год, который был призван объединить усилия в изучении арктического и антарктического полярных регионов. Безусловно, российские учёные приняли активное участие, были размещены метки на окраинах ледников Алтая, Тянь-Шаня, Кавказа, Памира, чтобы отследить изменение размеров ледников. Результаты Первого международного полярного года в России отображены в 36 опубликованных трудах, но всё же сведений о ледниках не так много, так как технического оснащения для более подробных и точных данных не хватало.

После окончания Великой Отечественной войны появилась возможность снова расширять познания в области гляциологии. Таким образом, в данной науке появились такие имена, как Г.А. Авсюк и П.А. Шумский. Григорий Александрович Авсюк исследовал современное оледенение Тянь-Шаня, его движение льда ледников, температурное состояние. При исследовании этих территорий Г.А. Авсюк определил, что питание холдных горных ледников происходит в результате наложенного льда. К такому же выводу пришли в то время ещё трое учёных: шведский географ Вальтер Шютт, швейцарский гляциолог Фриц Мюллер, а также П.А. Шумский. Так в гляциологии была открыта зона ледяного питания, которая распространена на ледниках Арктики. Пётр Александрович Шумский внёс неоценимый вклад в развитие гляциологии. Его труд «Основы структурного ледоведения» стал известен на мировом уровне [6].

Новый виток развития гляциологии получила в 1950-х, когда 1957-1958 объявили Международным геофизическим годом (МГГ). В рамках данного мероприятия исследования в области гляциологии проводились в 26 странах. Результатами МГГ в интересующей нас науке стали: увеличение территорий исследований, использование новых методов, начало непрерывных систематических наблюдений за ледниками. Международный геофизический год стал решающим фактором в становлении гляциологии в советской географии, выделение её в отдельную науку. В Институте географии Академии Наук СССР в 1957 году был создан отдел гляциологии, который возглавлял Г.А. Авсюк. Здесь изучали ледники Земли Франца-Иосифа, Новой Земли, Полярного Урала, Эльбру-

са и др.

В 1961 году развитие гляциологии набирает обороты, так как это появление периодического издания под названием «Материалы гляциологических исследований» под редакцией И.А. Лосева, М.Г. Гроссвальда и В.М. Котлякова. На страницах журнала С.В. Калесник, Г.А. Авсюк, М.В. Тронов утверждали, что гляциология – это наука о ледниках, а П.А. Шумский, Г.Д. Рихтер, Н.Н. Пальгов и К.К. Марков считали, что гляциология должна изучать все природные льды, а не только ледники.

В ходе данного обсуждения гляциологию обозначили, как наука о всех видах льда, а науку, которая изучает конкретно ледники озаменовали, как ледниковедение. Но термин «ледниковедение» не закрепился в науке о ледниках, поэтому до сих пор нет подходящего обозначения для данной науки. Уже в 2010г., периодическое издание «Материалы гляциологических исследований» получило статус академического журнала. Сейчас он имеет название «Лёд и Снег» и выпускается под редакцией Русского географического общества.

Достижения в рамках Международного геофизического года значительно увеличили поле для развития отечественной гляциологии. Вследствие чего, в 1960-х была образована Секция гляциологии при Президиуме АН СССР, которая возглавлялась Г.А. Авсюком и П.А. Шумским. Секция гляциологии занималась систематизированием накопившихся достижений в данной области, результатом такой деятельности стало издание многочисленных монографий, сборников статей и т.д. Также, с 1961 года в Москве проходили гляциологические симпозиумы, школы-семинары проводились в формате экспедиций и совещания Секции Гляциологии. В это же время глава Секции гляциологии предложил создать Каталог ледников Советского Союза. К 1982 году было издано 108 публикаций, в которых была проведена подробнейшая опись всех ледников нашей страны. Далее, в 1997 году был выпущен Атлас снежно-ледовых ресурсов мира, который был создан на базе всех материалов XX века [1].

Главную роль в становлении отечественной гляциологии играет Русское географическое общество. Экспедиции, организованные Русским географическим обществом, внесли значительный вклад в развитие гляциологии. В первую очередь это картирование ледников во всех областях страны. Также, не менее весомый вклад внесён в изучение древнего оледенения. Были подняты вопросы и проблемы гляциологии на различных собраниях и симпозиумах. Работы, проведённые в конце XIX – начале XX века послужили внушительным фундаментом для развития данной науки. Гляциология продвинулась от теоретического материала до масштабных экспедиций с применением современного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котляков В.М. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира / В.М. Котляков. – Российская академия наук, 1997. – 392 с.
2. Буш Н.А. О состоянии ледников северного склона Кавказа в 1907, 1909, 1911 и 1913 годах / Н.А. Буш // Известия РГО. – 1914. – Т. 50, Вып. 9. – С. 461-510.
3. Калесник С.В. Очерки гляциологии / С.В. Калесник. – М.: Географгиз, 1963. – 551 с.
4. Котляков В.М. Снежный покров Земли и ледники / В.М. Котляков. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 480 с.
5. Мушкетов И.В. Исследования ледников России в 1896 г. / И.В. Мушкетов // Известия РГО. – 1897. – Т. 33, Вып. 4. – С. 348-355.

6. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения / П.А. Шумский. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 492 с.

ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЛАНДШАФТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Т.В. Хорнякова, Д.А. Сергиенко
tanyavsvva@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Введение. Ландшафтные исследования, ландшафтное планирование и проектирование являются ключевыми компонентами современной географии и урбанистики, обеспечивая гармоничное взаимодействие природных и антропогенных элементов в пространстве. Эти дисциплины направлены на изучение, оценку и оптимизацию использования ландшафтов, что имеет важное значение для устойчивого развития территорий и повышения качества жизни населения. Ландшафтные исследования включают комплексный анализ экосистем, биоразнообразия, почвенно-грунтовых и водных ресурсов, а также изучение воздействия климатических изменений и урбанизации на природные системы. Современные методы исследований, такие как дистанционное зондирование и географические информационные системы (ГИС), позволяют проводить всесторонний анализ больших территорий и прогнозировать изменения в экосистемах.

Ландшафтное планирование играет важную роль в разработке стратегий рационального использования и охраны природных ресурсов, обеспечивая баланс между экологическими, социальными и экономическими интересами. Оно включает в себя разработку планов и мер, направленных на предотвращение деградации ландшафтов, улучшение экологического состояния территорий и создание благоприятных условий для проживания людей. Процесс планирования требует учета множества факторов, таких как топография, климатические условия, демографические данные и социально-экономические параметры.

Ландшафтное проектирование представляет собой практическую реализацию планов и стратегий, включающую создание конкретных объектов и пространств, способствующих улучшению окружающей среды и повышению комфортности городской среды. Важными аспектами проектирования являются эстетические, функциональные и экологические требования, а также учет потребностей различных групп населения. Современные подходы к проектированию ориентированы на использование природных материалов, создание зеленых насаждений, водоемов и других элементов, способствующих улучшению микроклимата и устойчивости территорий.

Таким образом, ландшафтные исследования, планирование и проектирование являются неотъемлемыми частями процесса устойчивого развития, обеспечивая гармоничное сосуществование природы и общества. Комплексный подход к изучению и управлению ландшафтами позволяет создавать благоприятные условия для жизни людей, сохранять природные ресурсы и адаптироваться к современным экологическим вызовам.

Ландшафтные исследования. Ландшафтные исследования являются фундаментальной основой для понимания и управления природными и антропогенными элементами в пространстве. Эти исследования охватывают широкий спектр методов и подходов, направленных на комплексный анализ и оценку различных аспектов ландшафтов,

включая их экосистемные, геоморфологические, климатические и антропогенные компоненты. Современные ландшафтные исследования основываются на междисциплинарном подходе, сочетая методы и теории из географии, экологии, геологии, социологии и других наук.

Основными методами ландшафтных исследований являются полевые исследования, дистанционное зондирование и использование географических информационных систем (ГИС). Полевые исследования включают сбор данных непосредственно в природной среде, что позволяет получить детальные и точные сведения о различных характеристиках ландшафтов. Эти данные затем используются для калибровки и проверки результатов, полученных другими методами.

Дистанционное зондирование представляет собой использование различных типов спутниковых и авиационных снимков для анализа и мониторинга ландшафтов. Этот метод особенно важен для изучения больших территорий и позволяет получать данные с высокой временной и пространственной разрешающей способностью. Применение дистанционного зондирования позволяет отслеживать изменения в ландшафтах, вызванные природными и антропогенными факторами, такими как изменение растительности, эрозия почв, урбанизация и климатические изменения.

Географические информационные системы (ГИС) являются ключевым инструментом в ландшафтных исследованиях, позволяя интегрировать, анализировать и визуализировать пространственные данные. ГИС позволяет проводить многомерный анализ ландшафтов, учитывать взаимодействие различных факторов и моделировать возможные сценарии изменений. Применение ГИС способствует более эффективному планированию и управлению территорией, обеспечивая возможность принятия обоснованных решений на основе комплексного анализа данных.

Математическое моделирование является еще одним важным методом ландшафтных исследований. С его помощью можно прогнозировать изменения в ландшафтах под влиянием различных факторов, таких как климатические изменения, антропогенные воздействия и природные катастрофы. Модели позволяют оценить возможные последствия различных сценариев развития и принять меры для предотвращения или минимизации негативных последствий.

Ландшафтные исследования также включают оценку экосистемных услуг, предоставляемых ландшафтами. Эти услуги включают регуляцию климата, водоснабжение, поддержание биологического разнообразия, рекреационные возможности и другие. Оценка экосистемных услуг позволяет лучше понять значение различных элементов ландшафта и их роль в обеспечении устойчивого развития территорий.

Важным аспектом ландшафтных исследований является учет антропогенных факторов и их воздействие на природные системы. Урбанизация, сельское хозяйство, промышленное развитие и другие виды человеческой деятельности оказывают значительное влияние на ландшафты, изменяя их структуру и функционирование. Изучение этих процессов позволяет разработать меры по снижению негативного воздействия и сохранению природных ресурсов.

Современные ландшафтные исследования ориентированы на интеграцию различных методов и подходов, что позволяет получить более полное и комплексное представление о ландшафтах и их изменениях. Это, в свою очередь, способствует разработке более эффективных стратегий планирования и управления территориями, обеспечивая устойчивое развитие и сохранение природных ресурсов для будущих поколений.

Ландшафтное планирование и проектирование. Ландшафтное планирование и проектирование являются важнейшими аспектами управления природными и антропогенными территориями, направленными на устойчивое развитие и гармоничное сосуществование человека и природы. Эти процессы включают в себя разработку стратегий и решений, способствующих сохранению природных ресурсов, улучшению качества сре-

ды обитания и обеспечению устойчивого использования территории.

Ландшафтное планирование представляет собой процесс интеграции экологических, социально-экономических и культурных факторов в разработку пространственных решений. Основной целью ландшафтного планирования является создание устойчивых и функциональных ландшафтов, которые учитывают потребности как природных экосистем, так и человеческих сообществ. Процесс планирования включает анализ существующего состояния территории, оценку её потенциала и ограничений, а также разработку сценариев использования, которые способствуют оптимальному распределению ресурсов и минимизации негативных воздействий.

Одним из ключевых инструментов ландшафтного планирования является зонирование территории, которое позволяет выделить различные функциональные зоны в зависимости от их экологических, экономических и социальных характеристик. Зонирование способствует эффективному управлению землепользованием, предотвращению конфликтов между различными видами деятельности и сохранению природных ландшафтов. Например, выделение природоохранных зон позволяет защитить важные экосистемы и биологическое разнообразие, в то время как урбанизированные зоны предназначены для развития городской инфраструктуры и жилых районов.

Ландшафтное проектирование, в свою очередь, направлено на создание и преобразование конкретных территорий с учетом принципов устойчивого развития и эстетических ценностей. Этот процесс включает в себя разработку детализированных планов и чертежей, которые определяют расположение и оформление различных элементов ландшафта, таких как зеленые насаждения, водоемы, дорожные сети и архитектурные объекты. Ландшафтные проекты могут охватывать как крупные городские пространства, так и небольшие частные участки, в зависимости от конкретных целей и задач.

Одним из основных принципов ландшафтного проектирования является использование природных материалов и технологий, которые способствуют сохранению экологического баланса и улучшению качества окружающей среды. Важно учитывать местные климатические и почвенные условия, чтобы выбирать растения и материалы, которые будут устойчивы и требовать минимального ухода. Кроме того, проектирование должно учитывать водный баланс территории, включая системы сбора и использования дождевой воды, что способствует снижению нагрузки на городскую инфраструктуру и улучшению микроклимата.

Ландшафтное проектирование также играет важную роль в создании рекреационных зон и общественных пространств, которые способствуют улучшению качества жизни населения. Парки, скверы, набережные и другие зеленые зоны являются важными элементами городской среды, обеспечивающими возможность для отдыха, общения и занятий спортом. Проектирование таких пространств должно учитывать потребности различных групп населения.

Заключение. В заключение можно отразить основные выводы и значимость рассмотренных аспектов ландшафтных исследований, планирования и проектирования. Основываясь на рассмотренных материалах, можно подчеркнуть, что ландшафтные исследования являются необходимой предпосылкой для качественного ландшафтного планирования и проектирования. Исследования позволяют глубже понять природные и социокультурные процессы, лежащие в основе формирования ландшафтов, и определить их текущее состояние и динамику изменений.

Ландшафтное планирование и проектирование, в свою очередь, направлены на создание устойчивых и гармоничных ландшафтов, способствующих благоприятному взаимодействию человека и природы. Процесс планирования включает в себя анализ данных и результатов исследований, учет интересов различных сторон и разработку комплексных мероприятий по управлению и развитию ландшафтов.

Основная цель ландшафтного проектирования — обеспечение устойчивого раз-

вития территорий с учетом сохранения и улучшения экологической и культурной ценности ландшафтов. Это требует комплексного подхода, включающего в себя использование современных методов и инструментов планирования, а также активное взаимодействие с заинтересованными сторонами и общественностью.

Таким образом, ландшафтные исследования, планирование и проектирование играют важную роль в формировании устойчивой среды обитания, способствуют сохранению биоразнообразия и культурного наследия, а также обеспечивают благоприятные условия для жизни и развития человеческого общества в гармонии с природой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Daniels, T. L., & Daniels, K. (2003). "The Environmental Planning Handbook for Sustainable Communities and Regions". American Planning Association.
2. Thompson, W., & Sorvig, K. (2008). "Sustainable Landscape Construction: A Guide to Green Building Outdoors". Island Press.
3. McNarg, I. L. (1995). "Design with Nature". John Wiley & Sons.
4. Акимов В.А. Ландшафтное планирование: теория и практика. – М.: Наука, 2010.
5. Виленский С.А. Ландшафтные исследования и проектирование. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2015.
6. Данилов-Данильян В.И., Ходжаев Д.К. Экология и экономика природопользования. – М.: ЮНИТИ, 2012.
7. Пузанов А.С. Геоинформационные системы в ландшафтном планировании. – М.: Академкнига, 2013.

ИСТОРИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ И ПОЛЕВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРЫХ ВЫГОНОВ И СЕНОКОСОВ НА ЮГЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

*Ю.Г. Чендев¹, А.Г. Нарожняя¹, М.А. Смирнова², А.А. Тишков³, В.Г. Белеванцев¹
sciences@mail.ru*

*¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия*

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³Институт географии РАН, г. Москва, Россия

В условиях значительной распаханности территории Центральной лесостепи в регионе почти не осталось естественных геосистем кроме заповедных территорий, занимающих очень небольшую площадь. Поэтому актуальными становятся исследования по выявлению хотя бы небольших островков слабо измененных антропогенными воздействиями участков ландшафтов. Более 10 лет назад коллектив ученых из Белгорода, Москвы и Пущино занимался изучением агрохронорядов черноземов на юге Среднерусской возвышенности, для чего был необходим поиск разновозрастных пашен и находящихся рядом участков фоновых, никогда не пахавшихся черноземов [8]. В ходе исследования было выявлено, что такие черноземы существуют на территории сенокосов и выгонов в ряде сел Белгородской области. Именно тогда была высказана мысль о перспективности поиска нативных черноземов на сенокосах и выгонах в пределах сельских населенных пунктов. В рамках работы по проекту РНФ № 24-17-00154 выполняется поиск новых перспективных участков исследования нативных черноземов, которые могли бы выступать эталонами сравнения со староосвоенными почвами окружающих террито-

рий, а также могли бы дать новую информацию о природных свойствах и особенностях географии распространения естественных признаков черноземов. Знакомство с подходами и методами проведения данного исследования, а также краткое освещение первых полученных результатов легли в основу написания данной статьи.

В физико-географическом отношении изучаемая территория соответствует лесостепи юга Среднерусской возвышенности, а в административном отношении – Белгородской области.



Рис. 1. Сенокосы и выгоны (показаны стрелками) в селах Скородное (а) и Толстое (б) Губкинского городского округа Белгородской области на старинных картах разного масштаба как альтернативные варианты поиска участков с нативными черноземами. И использованные источники: фрагменты карт специального межевания масштаба 1:8400 [5, 6] – в верхней части рисунка; листы военно-топографической карты Курской губернии масштаба 1:126000 [1, 2] – внизу.

Первым важным этапом выполнения проекта являлся поиск и идентификация автоморфных (на ровных водоразделах) участков лесостепи с нативными черноземами. Основным методическим приемом было использование разновременных достоверных крупномасштабных (М 1:8400, 1:10000) карт конца XVIII, середины и конца XIX, середины XX вв. и современных спутниковых снимков для идентификации участков луговых степей, все время являвшихся сенокосами и / или выгонами, т.е. никогда не пахав-

шимися территориями в староосвоенной лесостепи. Местом хранения крупномасштабных картографических материалов XVIII и XIX вв. является Российский государственный архив древних актов (РГАДА) (г. Москва). Местом хранения крупномасштабных (М 1:10000) карт середины XX в. служит архив Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Белгородской области (г. Белгород). Современные спутниковые снимки находятся в свободном доступе в сети Интернет (например, ресурс ArcGISWorldImagery (<https://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html>)).

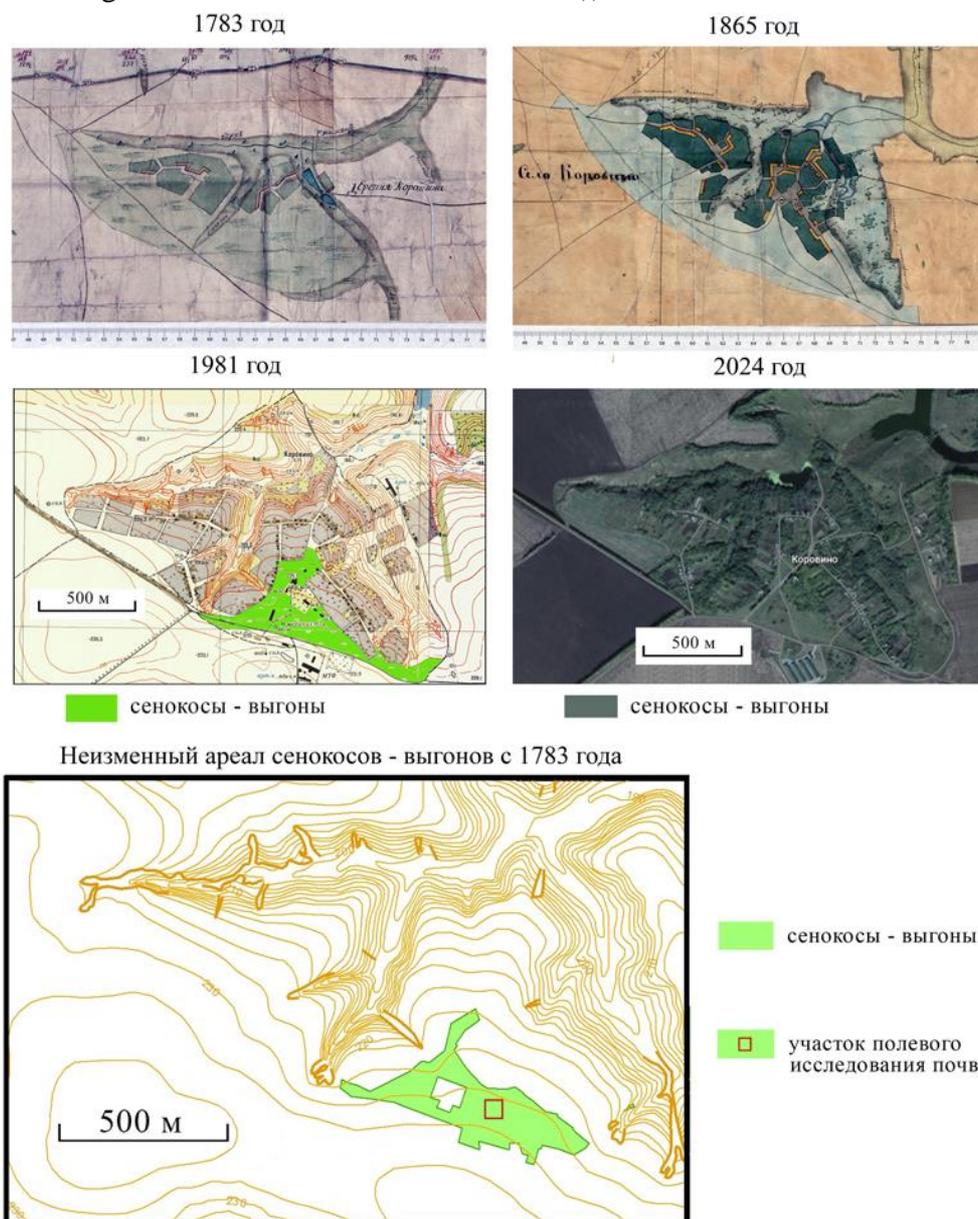


Рис. 2. Данные съемок села Коровино в разные периоды и ареал сенокоса-выгона, существующего в неизменном виде на южной окраине села с 1783 года. Использованные материалы РГАДА – [3, 4].

Работа с крупномасштабными картами середины XX в. (с горизонталями рельефа) выявила ряд перспективных участков существования старых выгонов в селах Коровино, Рождественка, Толстое, Скородное и ряде других. Идентификация современных

угодий на данных участках выполнялась с помощью спутниковых снимков. В дальнейшем осуществлялась работа в РГАДА по изучению крупномасштабных старинных карт на территорию указанных сел. Одним из важных результатов проделанной работы явилось обоснование возможности использования карт XIX века не только масштаба 1:8400, но и «трехверсток» – военно-топографических карт масштаба 1:126000, которые более доступны по сравнению с материалами РГАДА, например, их можно найти в Интернет-ресурсах. Сравнение указанных карт показало, что на «трехверстках» сенокосы – выгоны внутри сел показаны белым цветом, что расширяет возможности поиска новых участков, не обеспеченных картами масштаба 1:8400 (в РГАДА имеется лишь незначительная часть сел, на которые имеются такие карты – планы дач генерального и специального межеваний). В качестве примера на рис. 1 приводятся два парных фрагмента карт масштабов 1:8400 и 1:126000 с идентификацией на них сенокосов – выгонов (карты масштаба 1:8400 уменьшены).

Одним из ключевых участков, на котором сенокосы – выгоны сохранились на достаточно большой площади (около 5 га) является участок на южной окраине села Коровино в Ракитянском районе Белгородской области (рис. 2).

После историко-картографического анализа осуществлялись рекогносцировочные выезды на планируемые участки полевого исследования растительности и почв сенокосов – выгонов. На крупных выявляемых площадях выбирались места проведения детальных исследований. Например, на участке «Коровино» был выбран квадрат со стороной 50 метров, в пределах которого сначала выполнялась геодезическая съемка с созданием плана в горизонталях, проведенных через 10 см, а затем производилась разбивка всего участка на квадраты со стороной 10 метров и в узлах установленной квадратной сетки в дальнейшем выполнялось бурение почв ручным буром до глубины 2 метра с целью выявления морфологического строения почвенных профилей и отбора почвенных проб на лабораторные анализы (рис. 3).

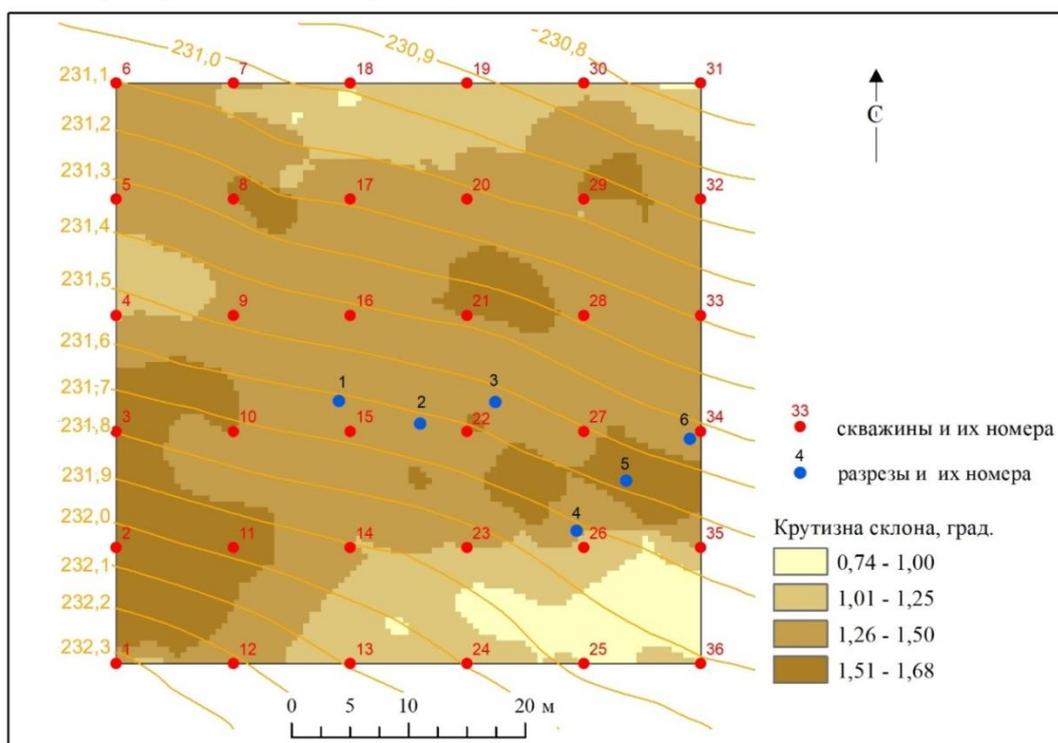


Рис. 3. Геодезический план модельной территории детального исследования почв на ключевом участке «Коровино» с указанием мест бурения почв и заложения почвенных разрезов

После оценки морфологических свойств почв в буровых скважинах намечались места заложения почвенных разрезов для более детального изучения двух выявленных подтипов лугово-степных черноземов – выщелоченного и типичного, – по 3 разреза для каждого подтипа. Черноземы типичные были изучены в разрезах 1-3, а черноземы выщелоченные – в разрезах 4-6 (рис. 3).

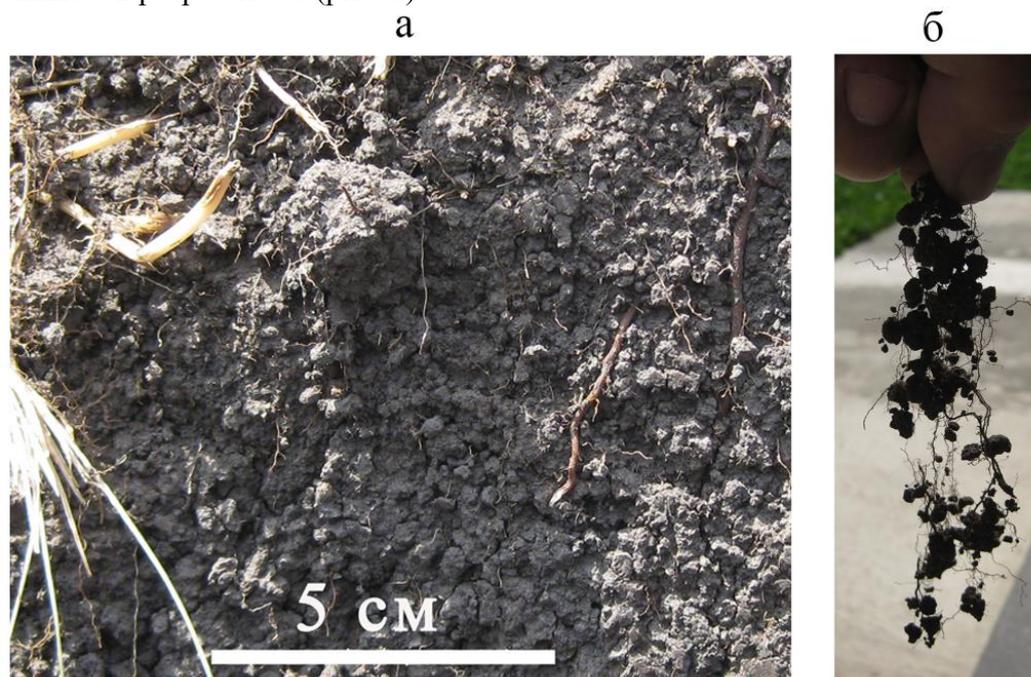


Рис. 4. Структура горизонта $A1^I$ (а) и зернистые агрегаты в корневой системе трав, формирующие «гирлянды» (б) в профиле почвы разреза 1 на участке «Коровино»

Характерной особенностью черноземов, изученных на участке «Коровино», явилось наличие отличной зернистой структуры гумусовых горизонтов, причем зернистые агрегаты были пронизаны тонкими корнями трав и образовывали своеобразные «гирлянды» при отделении корней от стенки почвенных разрезов (рис. 4). Аналогичное наблюдение при изучении целинных черноземов было сделано В.В. Докучаевым в период экспедиционных исследований по заданию Почвенной комиссии Вольного экономического общества [7].

В ходе проведения исследований нативных черноземов на сенокосах – выгонах запланировано выполнение широкого списка лабораторных анализов почв, включая определение их плотности, порозности, структурно-агрегатного и гранулометрического состава, содержания и запасов Сорг, углекислоты карбонатов и ряда других почвенных свойств.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 24-17-00154 «География, свойства и эталонные функции нативных черноземов лесостепи юга Среднерусской возвышенности»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Военно-топографическая карта Курской губернии. В дюйме 3 версты. Лист 15. Ряд XX. – СПб, 1864.

2. Военно-топографическая карта Курской губернии. В дюйме 3 версты. Лист 15. Ряд XXI. – СПб, 1864.
3. Геометрический специальный план.... Коровиной деревни...1783 года... // РГАДА. Фонд. 1354. Опись 211. Ч. I. К 25-к.
4. Геометрический специальный план.... Коровина села...1865 года... // РГАДА. Фонд. 1354. Опись 211. Ч. II. К 48-к.
5. Геометрический специальный план.... села Скородное...1881 года... // РГАДА. Фонд. 1354. Опись 221. Ч. II. С 43-к.
6. Геометрический специальный план.... Толстого и Корочки сел...1914 года... // РГАДА. Фонд. 1354. Опись 221. Ч. II. Т 37-к.
7. Докучаев В.В. Русский чернозем: Отчет Императорскому вольному экономическому обществу / В.В. Докучаев. – СПб: Изд-во Императорского вольного экономического общества, 1883. – 376 с.
8. Чендев Ю.Г. Агрогенная эволюция автоморфных черноземов лесостепи (Белгородская область) / Ю.Г. Чендев, О.С. Хохлова, А.Л. Александровский // Почвоведение. – 2017. – № 5. – С. 515-531.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЛАНДШАФТНОМ ДИЗАЙНЕ: ИНТЕГРАЦИЯ ПРИРОДЫ И ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Ф.В. Шаров, М.Г. Савенков, И.Ю. Сошникова

fhedot17@gmail.com, asavinkova36@gmail.com, irina-ozeroва@yandex.ru

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

Современные тенденции в ландшафтном дизайне все больше стремятся к интеграции природы и городского пространства. Это проявляется в создании уникальных зеленых зон, которые сохраняют природную красоту и одновременно служат функциональными элементами городской инфраструктуры. Одним из основных принципов данного направления является использование устойчивых и экологически чистых материалов, а также рациональное использование ресурсов. Важным аспектом является также создание комфортных условий для горожан, обеспечивая им возможность наслаждаться природой прямо в городе. Таким образом, интеграция природы и городского пространства в ландшафтном дизайне не только придает городу новый облик, но и способствует улучшению окружающей среды и качества жизни горожан [7, с.125].

Основные тенденции в ландшафтном дизайне включают [5]:

1. Уклон в сторону минимализма: предпочтение лаконичных форм и отсутствие сложных архитектурных элементов.
2. Отказ от сложного ухода: использование неприхотливых растений, автоматических систем полива и мульчирующего покрытия.
3. Использование живых изгородей вместо заборов.
4. Украшение камнями: создание интересных композиций из камней.
5. Обязательное наличие зоны для костра: организация места для приготовления пищи и отдыха на открытом воздухе.
6. Вертикальное озеленение: использование специальных конструкций для создания живых навесов и тоннелей.

Интеграция природы и городского пространства в ландшафтном дизайне также

способствует улучшению экологической ситуации в городах. Зеленые зоны, созданные с учетом природных особенностей и потребностей растительного мира, способны улучшить качество воздуха и поддерживать биоразнообразие насекомых, птиц и других животных. Кроме того, зеленые насаждения способствуют снижению уровня шума и тепловой нагрузки в городе, что благоприятно влияет на здоровье горожан и общую атмосферу в городе [6, с. 22].

Примеры успешных проектов, интегрирующих природу и городское пространство [5]:

1. Луговое разнотравье: сады «Новой волны» становятся городским трендом, сочетая природные элементы с городским окружением.
2. Терапевтические сады: проекты, способствующие релаксации и улучшению самочувствия жителей.
3. Посадка массивами: густые посадки разных растений создают зелёный покров с различными оттенками и структурами.
4. Высеивание: использование принципа биоразнообразия для организации растительных сообществ.
5. Камни и знаки: сочетание этих элементов создаёт стильный и функциональный дизайн.

Благодаря созданию экологически чистых и устойчивых зеленых зон, города приобретают новые возможности для реализации местных инициатив и проектов, направленных на развитие локального сообщества. Парки, скверы, сады и другие элементы ландшафтного дизайна становятся местами встреч и общественных мероприятий, способствуя формированию активной гражданской позиции и поддержанию социальной связи в городе.

Важным аспектом является также экономическая выгода от создания уникальных зеленых зон в городе. Качественно оформленные и поддерживаемые зеленые территории могут привлекать туристов, способствуя развитию инфраструктуры города и повышению его привлекательности для жителей и гостей [1, с.56]. Таким образом, интеграция природы и урбанистического пространства в ландшафтный дизайн не только способствует улучшению окружающей среды, но и создает уникальные возможности для развития городской инфраструктуры и повышения качества жизни его обитателей.

Проблемы в ландшафтном дизайне связаны с интеграцией природы и городского пространства включают в себя [3, с.45]:

1. Ограничение площадей парковых территорий, что требует поиска пространственных и визуальных взаимосвязей между городскими сооружениями и парковой средой.
2. Удовлетворение разнообразных вкусов, что подразумевает создание многофункциональных парков с соответствующим территориальным зонированием и тщательной разработкой режима использования парка.
3. Разработка специализированных парков, дифференцированных по функциям использования (детские, спортивные, выставочные, мемориальные и другие).
4. Многофункциональный профиль парков, требующий размещения системы внутренних дорог (пешеходные и транспортные пути разделены).
5. Формирование парковой среды развивается в двух направлениях: создание искусственного ландшафта с необычными формами или создание естественной парковой среды, близкой по характеру к природному ландшафту.
6. Высокий уровень освоения территории для парковых объектов за рубежом.

Таким образом можно прийти к следующему выводу [2, с. 26]:

1. Экологизация садово-парковых объектов путём сохранения или воссоздания природной основы ландшафта.

2. Использование возможностей современного научно-технического прогресса, таких как ландшафтная рекультивация, создание садов на крышах и под ними, формирование искусственных водоёмов и рельефа.

3. Озеленение производственных площадок, заводов и научных учреждений, а также сложных транспортных узлов.

4. Усложнение и развитие систем озеленения, связанных с ростом городов, появление новых стилей в ландшафтной архитектуре и сочетание различных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобылев, С. Н., Завалеев, И. С., Завалеева, А. И., Ховавко, И. Ю. Развитие "зеленой инфраструктуры" в городах [Текст] / С. Н. Бобылев, И. С. Завалеев, А. И. Завалеева, И. Ю. Ховавко // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. – 2022. – № 3. – С. 48-61.

2. Кашина, И. В., Головань, Ю. И. Современные тенденции в ландшафтом проектировании / И. В. Кашина, Ю. И. Головань [Текст] // Строительство и техногенная безопасность. – Ростов-на-Дону: Академия строительства и архитектуры, ФБГОУ ВО ДГТУ, 2017. – С. 23-27.

3. Маслов, А. Н., Карпова, С. В. Городская ландшафтная архитектура [Текст] / А. Н. Маслов, С. В. Карпова // Инженерные исследования. – 2021. – № 4. – С. 41-47.

4. Природа приходит в города: ландшафтный дизайнер о трендах садового искусства 2023-2024 / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: <https://vc.ru/u/1910837-landshaftnyi-dizain-3d/888444-priroda-prihodit-v-goroda-landshaftnyi-dizainer-o-trendah-sadovogo-iskusstva-2023-2024> (дата обращения: 08.06.2024).

5. Тренды ландшафтного дизайна 2023-2024 года / [Электронный ресурс] // UCOSTRA : [сайт]. – URL: <https://u-costra.ru/blogs/blog/trendy-landshaftnogo-dizayna-2023-2024-goda> (дата обращения: 06.06.2024).

6. Федорова, В. С. Экологические перспективы обустройства городских парков [Текст] / В. С. Федорова // Экологический вестник Донбасса. – 2023. – № 9. – С. 17-23.

7. Ходжаева А., Байлыева О., Дурдыев Й., Ейебердиев Д. Ландшафт как интерпретация: современные тенденции в архитектурно-ландшафтном дизайне [Текст] / Ходжаева А., Байлыева О., Дурдыев Й., Ейебердиев Д. // IN SITU. – 2023. – № 11. – С. 124-126.

РАЗДЕЛ 2. МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПРОЦЕССА ФОТОСИНТЕЗА НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И.М. Аблова
ablovairina@mail.ru

Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Россия

Для сельскохозяйственного производства и естественных ландшафтов энергия радиационного излучения является важнейшим условием, обеспечивающим процесс фотосинтеза и определяющим продуктивность растительного покрова. В процессе фотосинтеза растения используют определенный оптический диапазон солнечной энергии, расположенный в интервале с длинами волн 400-700 нм (фотосинтетически активная радиация).

Величина ФАР зависит от высоты Солнца, продолжительности солнечного сияния, состояния атмосферы, и составляет определенную долю в потоке прямой и рассеянной радиации. При расчете значений доли ФАР в интегральном потоке солнечной энергии для территории Западной Сибири были использованы коэффициенты 0,43 для прямой и 0,57 для рассеянной солнечной радиации [2].

В данном исследовании расчеты энергетических ресурсов фотосинтеза на территории Западной Сибири выполнены на основании данных наблюдений актинометрических станций по приходу интегральной солнечной радиации [1]. Расчеты значений ФАР были определены по формуле:

$$Q_{\text{ФАР}}=0,43 S+0,57D,$$

где, $Q_{\text{ФАР}}$ – суммарная фотосинтетически активная радиация,
 S – прямая солнечная радиация поступающая на горизонтальную поверхность,
 D – рассеянная солнечная радиация поступающая на горизонтальную поверхность

В настоящей работе представлены результаты расчетов ФАР за период вегетации, ограниченный температурами +10°C. Пространственное распределение ФАР за данный период на территории Западной Сибири представлено на рис. 1.

Некоторые авторы в качестве показателя, определяющего интенсивность фотосинтеза и формирование продуктивности растений, используют эксергию оптического излучения e_c . Под этой величиной понимается часть общей энергии излучения, поступающая к растениям, которая потенциально, при всех других благоприятных условиях, может быть использована ими на фотосинтез [4].

По расчетам и измерениям эксергия суммарного солнечного излучения у поверхности земли составляет около 20% от общей суммарной энергии излучения. Это позволяет рассчитывать величину e_c по формуле:

$$e_c = 0,2 Q,$$

где Q -энергия общего суммарного солнечного излучения у поверхности земли [1].

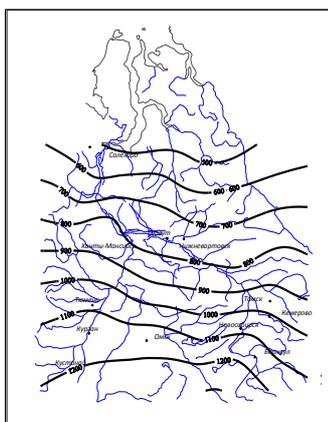


Рис. 1. Среднее многолетнее значение ФАР за период с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$, $\text{МДж}/\text{м}^2/\text{год}$

Кроме расчетов ФАР, автором проведены расчеты эксергии оптического излучения e_c для территории Западной Сибири, пространственное распределение которой представлено на рис. 2.

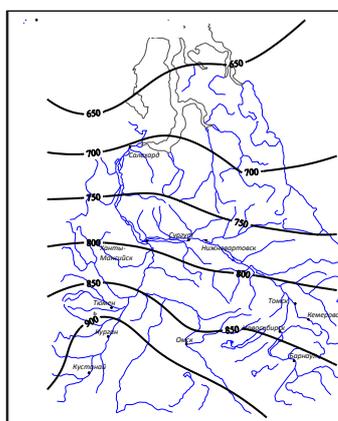


Рис. 2. Среднее многолетнее значение эксергии за период с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$, $\text{МДж}/\text{см}^2/\text{год}$

Таким образом, на территории Западной Сибири отмечается широтное распределение энергетических ресурсов процесса фотосинтеза (ФАР и эксергии), что определяется высотой Солнца, продолжительностью солнечного сияния. На территории Западной Сибири не существует дефицита энергии, обеспечивающей процесс фотосинтеза, т.к. согласно [3] количество ее превышает порог светового насыщения, составляющего 25-35 % солнечной инсоляции.

Оценка энергетических ресурсов процесса фотосинтеза является важной задачей для изучения условий формирования первичной продуктивности растительного покрова и возможности программирования урожайности агроценозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аблова И.М. Агроклиматический потенциал урожайности зерновых культур Западной Сибири: дис...канд. биол. наук: 03.00.16. – Омск, 2005. – 162 с.
2. Молдау Х. и др. Географическое распределение фотосинтетически активной радиации (ФАР) на территории европейской части СССР /Х. Молдау, Ю.К. Росс, Х.Г. Тооминг, И. Ундла //Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 149-157.
3. Ничипорович А.А. Световое и углеродное питание растений – фотосинтез. – М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1955. – 288 с.
4. Свентицкий И.И. Естественнонаучная основа всеединства знаний. Эксергетическая теория урожая. – М.: ФГБНУ ВИЭСХ, 2015. – 316 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ pH И УЭП ВОДНЫХ И ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ВЕРХНЕ-БАЛКАРСКОГО И ЧЕРЕКСКОГО РАЙОНОВ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

^{1,2} Э.А. Агоева, ^{1,2} Л.С. Ламашвили
leonora_agoeva@mail.ru, luki-786.90@mail.ru

¹Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник, г. Нальчик, Россия,

²Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова,
г. Нальчик, Россия

Удельная электрическая проводимость (УЭП) вод и почв является важным параметром, характеризующим множество процессов в экосистеме. УЭП – это суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия, является численным выражением способности водного раствора проводить электрический ток, служит приблизительным показателем суммарной концентрации электролитов, главным образом, неорганических, и используется в программах наблюдений за состоянием водной среды для оценки минерализации вод и почв. Электрическая проводимость природной воды зависит в основном от концентрации растворенных минеральных солей и температуры.

При изучении удельной электрической проводимости почвы учитываются её физические и химические свойства, влажность, структура, состав и содержание минеральных и органических веществ. УЭП почвы также может изменяться под воздействием температуры и воздушной влажности. При повышении температуры проводимость почвы может увеличиваться из-за увеличения подвижности ионов. Однако при слишком высоких температурах может происходить обратный эффект, связанный с высыханием почвы [4-5].

Для правильного представления данных о составе исследуемых водных и почвенных образцов, необходимым условием является знание содержания определяемых величин в местах, не испытывающих прямого воздействия антропогенных факторов. В связи с этим целью проводимых исследований стало изучение в 2024г. состава водных и почвенных образцов в разных геоморфологических зонах Кабардино-Балкарской республики (КБР). Данные зоны можно охарактеризовать, как зоны фонового (1-5 пункты отбора) и импактного (6-7 пункты отбора) воздействия. Изучаемыми величинами стали: pH и УЭП.

Объект исследований: высокогорная, горная и предгорная часть Верхне-

Балкарского и Черекского ущелий.

В связи с этим в *задачи исследования* водных и почвенных образцов входило:

- определение пунктов отбора проб и наглядное их отображение на карта-схеме в программе Аксиома 5;
- исследование состава поверхностных вод р. Черек-Балкарский в период зимней межени;
- исследование состава почвенных образцов в до вегетационный период;
- выявление пространственных изменений в содержании измеряемых величин в водных и почвенных образцах;
- выявление корреляционных связей изучаемых величин в водных и почвенных образцах;

Научная новизна. Впервые для Верхне-Балкарского и Черекского ущелий КБР представлены исследования по изменению величин рН и УЭП водных и почвенных образцов. Данные исследования ранее никем не проводились и не были опубликованы.

Методология и методы анализа. Исследования проводились в соответствии с существующими нормативными документами, допущенными к использованию при мониторинге объектов окружающей среды. Отбор, предварительная обработка, хранение водных и почвенных образцов осуществляли согласно ГОСТ Р 59024-2020, РД 52.24.353-2012 и ГОСТ 17.4.4.02-84. В процессе подготовки мутных проб к анализу использовали метод центрифугирования или же фильтрование через мембранный фильтр. Водородный показатель (рН) в водных и почвенных образцах измеряли на рН-метре-иономере Эксперт-0013.01, потенциметрическим методом согласно ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 (Изд. 2018) и ГОСТ 26423-85. УЭП измеряли кондуктометрическим методом согласно руководству, к паспорту прибора кондуктометра Эксперт-002, а также ГОСТ 26423-85.

Отличительной особенностью района исследования является труднодоступность и поздние сроки стаивания снежного покрова (апрель-май). В связи с этим отбор водных и почвенных образцов осуществлялся геолокационно максимально приближено друг к другу, что позволило нам выявить в дальнейшем корреляционную взаимосвязь в составе исследуемых образцов. Результаты проведённых исследований представлены в виде таблицы, рисунка и гистограмм (табл.1-2, рис.1-3).

Ранее проведённые исследования состава вод р. Черек-Балкарский показали что: 1. по величине рН можно отнести к нейтральным слабощелочным; 2. по классификации Алёкина относятся к Тянь-Шаньскому гидрокарбонатно-кальциевому классу, для которых характерна невысокая минерализация; 3. общая жёсткость речных вод варьирует в пределах 0,3-2,0 мг-экв/л, при допустимой норме для поверхностных вод суши – 7 мг-экв/л. Такие воды классифицируются по экологическим классам качества поверхностных вод суши как мягкие и очень мягкие [1].

Согласно ранее проведённым исследованиям почвенных образцов, в районе исследований преобладают горнолуговые типичные и горные лесные почвы, в меньшей мере горнолуговые степные.

Общим свойством отобранных на лугу почв является скелетность и небольшая мощность почвенного профиля с отчётливо выраженным темным гумусовым горизонтом, иногда торфянистым, наличие мелких камней различного диаметра, а ниже слабого гумусового слоя более крупных каменных включений. Малый объёмный удельный вес верхних горизонтов, значительная их порозность, большая гигроскопичность и влагоёмкость убывает с глубиной.

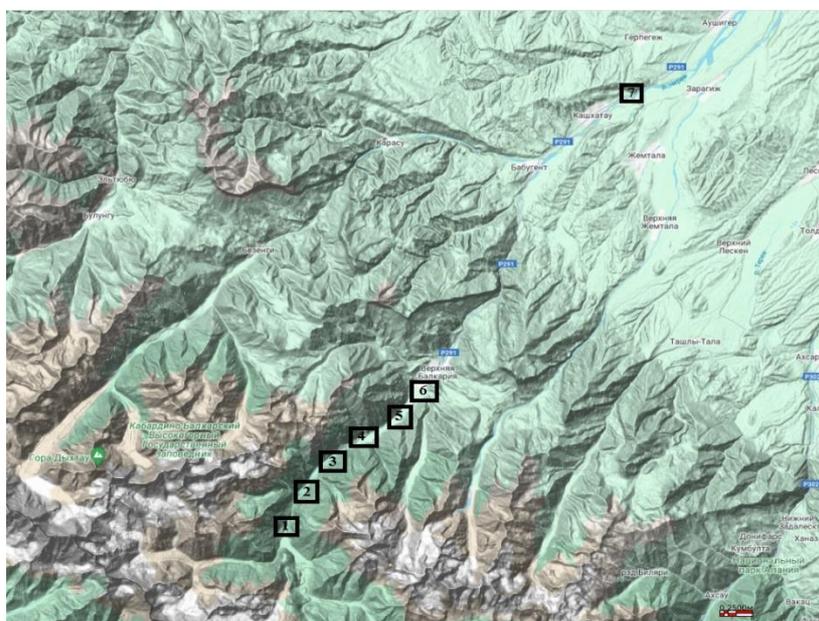


Рис. 1. Карта схема пунктов отбора водных и почвенных образцов

Таблица 1

Пункты отбора водных и почвенных образцов

№	Водный объект / Расстояние, км	Местоположение пункта отбора / высота над уровнем моря, м	№	Водный объект / Расстояние, км	Местоположение пункта отбора / высота над уровнем моря, м
1.	р. Черек-Балкарский / 1,7	После слияния р. Дых-Су и р. Карасу / 1667 м. н.у.м.	5.	р. Черек Балкарский / 17,7	До втока р. Рцывашки (р. Ишкырты) выше с. В. Балкария, 1161 м н.у.м.
2.	р. Черек-Балкарский / 6,8	После левого притока Тютюнсу, разрушенный кордон заповедника / 1504 м. н.у.м.	6.	р. Черек Балкарский / 18,1	Навесной мост, выше с.В.Балкария, 1110 м н.у.м.
3.	р. Черек-Балкарский / 11,0	После левого притока Каштан-Су, не доезжая до Цулдур-Су / 1388 м. н.у.м.	7.	р. Черек	После водохранилища ГЭС и слияния двух Черек
4.	р. Черек Балкарский / 17,7	Под железным мостом после впадения сухой р.Курукол (правый приток) выше с. В.Балкария / 1196 м. н.у.м.			

Различия в мощности горнолуговых почв на склонах обусловлены разной интенсивностью процессов выветривания и почвообразования. Почвенный разрез удалось пройти всего на 10-16см, ниже лежит плотный слой мелкообломочного материала, в

который по трещинам и промежуткам между камнями проникает почва. Весь разрез представлен гумусовым горизонтом супесчаным, сверху слегка оглиненные. Почвы структурированы, горно-чернозёмного типа, не карбонатные. Лесной ландшафт расположен в 6км от с.Верхняя Балкария. В почвенном покрове различаются два слоя: слой лесной подстилки из неразложившихся и полуразложившихся листьев, веточек мха, ветоши и гумусово-аккумулятивный горизонт. Разнотравье на период отбора проб почвы отсутствовало. На момент отбора были снежные лавины на склонах, а также осыпи, что очень негативно влияет на почвенный покров и соответственно на растительность. В местах движения снежных лавин развиты процессы эрозии [2,3,6].

Результаты анализов и их обсуждение. В ходе исследований за составом водных и почвенных образцов было выявлено следующее (табл.2, рис. 2-3).

pH в водах р.Черек Балкарский изменялся незначительно в пределах от 7,8ед. до 8,4ед. Максимальные значения pH отмечены для устьевых областей исследуемой реки, равные 8,2 ед.-8,4 ед. и относились к щелочной среде. Среднее значение pH в зимних водах составляло 8,1ед. Пространственное изменение величины pH характеризуется увеличением в 1,1 раза. Таким образом, величина pH речных вод носит нейтрально-щелочной характер и мало отличается в разные фазы гидрологического режима.

Величина pH почвенных образцов изменялась в пределах от 6,4ед. до 7,3ед. и относилась к слабо кислой и нейтральной среде. Среднее значение pH в почвенных образцах составляло 6,8ед. Выявлено пространственное изменение величины pH водных и почвенных образцов, характеризующееся увеличением в 1,1 раза.

УЭП в водах р.Черек Балкарский изменялась в пределах от 148,4мкСм/см до 180мкСм/см. Максимальные значения УЭП отмечены для устьевых областей исследуемой реки, равные 165мкСм/см и 180мкСм/см. Среднее значение УЭП в зимних водах составляло 154мкСм/см. Пространственное изменение величины УЭП характеризуется увеличением в 1,1 раза.

Величина УЭП почвенных образцов изменялась в пределах от 122мкСм/см до 215мкСм/см. Максимальные значения УЭП отмечены для истоковых областей исследуемой реки, равные 191мкСм/см и 215мкСм/см. Пространственное изменение величины УЭП характеризуется снижением в 1,26 раза. Среднее значение УЭП в почвенных образцах составляло 162мкСм/см.

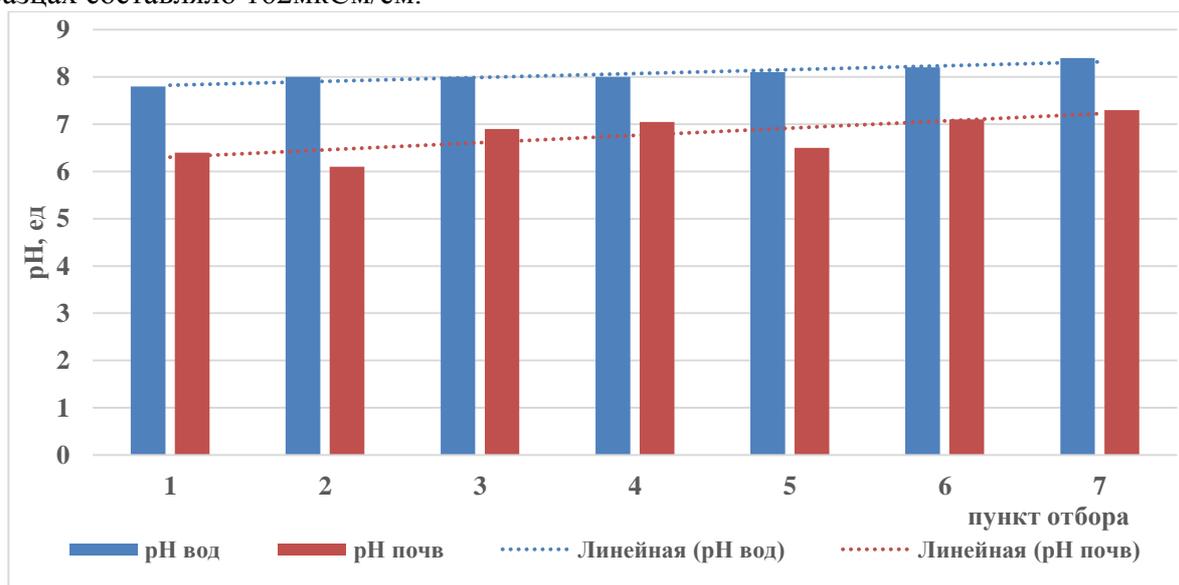


Рис. 2. Величина pH водных и почвенных образцов

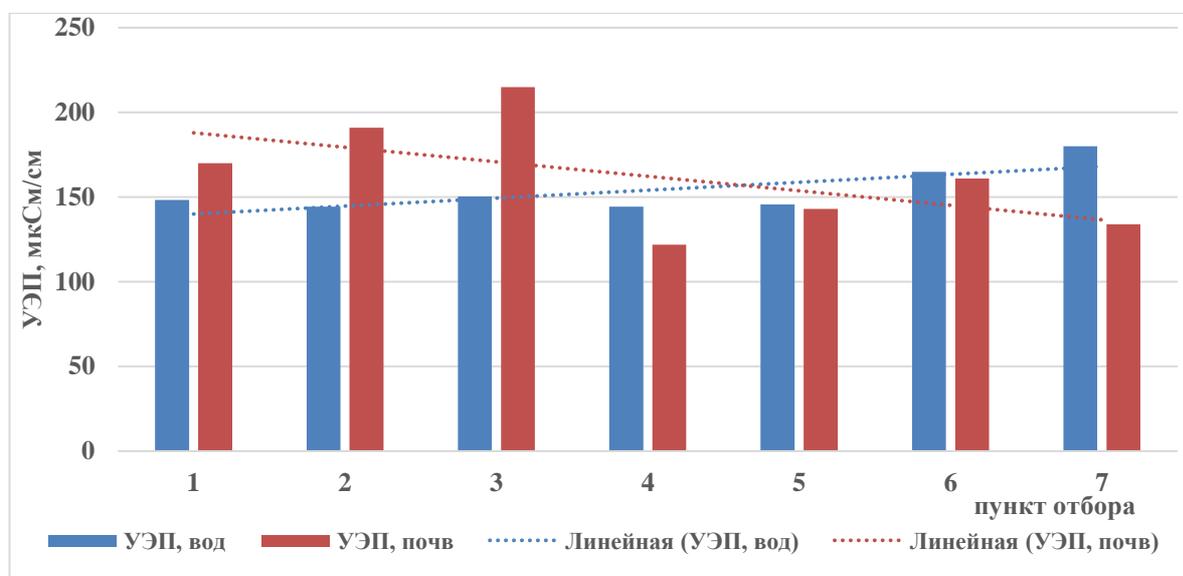


Рис. 3. Величина удельной электрической проводимости водных и почвенных образцов

Таким образом согласно, отображённых на гистограмме пространственных изменений определяемых величин, наблюдается положительный и отрицательный тренд (для УЭП почвенных образцов) и уравнение регрессии имеет следующий вид (табл. 2).

Таблица 2

Значение уравнений регрессии изучаемых величин

Параметр	Уравнение регрессии	
	водных образцы	почвенных образцов
рН	$y = 0,0821x + 7,7429; R^2 = 0,8817$	$y = 0,1536x + 6,15; R^2 = 0,5775$
Удельная электрическая проводимость	$y = 4,6857x + 135,29; R^2 = 0,5608$	$y = -8,5714x + 196,57; R^2 = 0,3185$

Вывод. Таким образом на основании проведённого исследования выявлены зоны фонового и импактного воздействия. Так для зоны импактного воздействия характерным является незначительно повышенные значения рН и УЭП для водных и рН для почвенных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газаев Х.-М.М. Пространственно-временное изменение величины минерализации высокогорных рек северного склона Центрального Кавказа / Агоева Э.А., Игтiev А.Б. // Вода химия и экология. – 2016. – №5. – С.14-18.
2. Карманова А.А. Определение электропроводности и общей минерализации почв г. Архангельск // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». – 2021. – №1. – С. 62-63.

3. Мурзамуратова Л.С., Атабиева Ф.А. Изучение почвенного покрова Верхнебалкарского ущелья «Кабардино-Балкарского государственного заповедника // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017». – Севастополь, 2017. – С. 284-287.

4. РД 52.24.495-2005 Водородный показатель и удельная электрическая проводимость вод. Методика выполнения измерений электрометрическим методом.

5. Унифицированные методы мониторинга фонового загрязнения природной среды. – М.: Гидрометеоздат, 1986. – 178 с.

6. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фридланд. – М.: Мысль, 1972. – 423 с.

АНАЛИЗ НЕУСТОЙЧИВОСТИ АТМОСФЕРЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Л.М. Акимов, Е.Л. Акимов
akl63@bk.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

С развитием технократического пути человечества постоянно увеличивается антропогенная нагрузка на атмосферный воздух. Вредные вещества попадают в атмосферный воздух, воду, почву, а затем в живые организмы, в том числе и в человека. На фоне возрастающего техногенного загрязнения среды обитания урбанизированных регионов отчетливо проявляются негативные процессы, связанные со значительным ущербом здоровью населения. По оценкам различных специалистов состояние здоровья на 30 – 40% зависит от состояния окружающей среды, уровень которого достигло угрожающего состояния для экологического равновесия природной среды [4]. Особенно чувствительны к изменениям окружающей среды пожилые люди с хроническими болезнями сердца и легких [1].

Одним из перспективных направлений защиты населения от загрязненности атмосферного воздуха является разработка математических моделей прогнозирования наиболее опасных ситуаций способствующих формированию полей высоких концентраций загрязняющих веществ, с использованием различных подходов.

Важнейшим фактором, определяющим рассеяние примеси, являются вертикальные движения воздуха, определяющие степень устойчивости атмосферы. Примесь, выброшенная в атмосферу, переносится ветровым потоком и турбулентными вихрями. Интенсивность турбулентного переноса существенно зависит от температуры поверхности земли и распределения температуры воздуха в приземном слое атмосферы. Стабильность атмосферы важна при определении параметров боковой и вертикальной горизонтальной дисперсии.

Наиболее перспективным направлением видятся исследования с применением данных температурно-ветрового вертикального зондирования атмосферы используемого в трудах Акимова Л.М. [1–3], А.В. Назаренко [5]. Отмечена статистически значимая роль данных вертикального зондирования атмосферы с целью прогнозирования экологической обстановки.

Вертикальное перемешивание, вызванное турбулентными движениями, приводит

к переносу по высоте всевозможных атмосферных примесей, водяного пара, теплосодержания, количества движения и других свойств отдельных частиц. Интенсивное вертикальное перемешивание воздуха способствует большой неустойчивости атмосферы, и ее изучение является актуальной задачей современности.

Наибольшее развитие исследования неустойчивости атмосферы, получило в авиационной метеорологии при прогнозе опасных явлений природы связанных с конвективной облачностью. Характеристика параметров неустойчивости атмосферы подробно рассмотрена в работе Акимова Л.М. [3].

Лучшие результаты по информативности между состоянием атмосферы и концентрацией загрязняющих веществ, показал Индекс плавучести (Lifted Index, LI), Galway (1956) [6].

Индекс плавучести LI измеряет разницу между температурой единичного объема воздуха (посылки (parcel)) на высоте 500 гПа и температурой окружающей среды (envir) на высоте 500 гПа. Он объединяет влажность и градиент (статическую стабильность) в одно число, которое менее уязвимо для наблюдений при отдельных уровнях давления.

Рассчитывается как разность температур на уровне 500 гПа и температуры единичного объема воздуха (parcel) путем сухоадиабатического подъема, в сухом состоянии поднимающейся с уровня от земной поверхности до уровня ее конденсации (LCL), затем по влажно-адиабатическому процессу во влажном состоянии до 500 гПа.

$$LI = T(500mb\ envir) - T(500mb\ parcel), (1)$$

где $T(500\ mb\ envir) - T$ (окружающая среда на 500 гПа) – температура окружающей среды на высоте изобарической поверхности 500 гПа, °С; $T(500\ mb\ parcel) - T$ (посылка 500 гПа) – температура восходящей воздушной посылки на уровне 500 гПа, °С.

- LI выше 0 – стабильная (устойчивая) атмосфера, но возможна слабая конвекция для LI = 1 – 3.
- LI = от 0 до -3 – относительно неустойчивая атмосфера.
- LI = от -3 до -9 – неустойчивая атмосфера.

Результаты корреляционного анализа концентрации загрязняющих веществ и индекса плавучести LI в зимний и летний периоды представлены в таблице 1.

Таблица 1

Величина корреляционной связи

индекс устойчивости	пыль	диоксид серы	оксид углерода	диоксид азота	оксид азота	формальдегид
LI (зима)	0,47	-	-0,35	0,37	0,39	-
LI (лето)	0,48	-0,37	-0,44	-0,40	-	-0,44

Анализ результатов таблицы 1 позволил установить, что в зимний период зависимость концентрации загрязняющих веществ от устойчивости атмосферы, следовательно, и от ее турбулентности имеет умеренную связь, и колеблется в пределах |r| от 0,35 до 0,48. В летний период, уровень тесноты корреляционной связи между параметрами неустойчивости атмосферы и загрязняющими веществами выше, чем зимой.

На основании граничных значений индекса неустойчивости (плавучести LI), оценивалась вероятность неустойчивого состояния атмосферы центральной части Русской равнины, представленная на рисунке 1.

Из анализа рисунка 1 видно, что пространственное распределение вероятности неустойчивой атмосферы (индекса плавучести LI) имеет вид седловины, где в широтном направлении по линии Смоленск – Волгоград, расположена территория с более устойчивым состоянием атмосферы. Вероятность неустойчивого состояния атмосферы в Смоленске составляет 21.0%, а в Волгограде 17.7%. В меридиональном направлении (Рязань – Тамбов – Ростов–на-Дону), с севера на юг, расположена территория с большей неустойчивостью атмосферы, с преобладанием интенсивных конвективных движений воздуха, с вероятностью проявления неустойчивости в пределах 30% (Рязань 28.8%, Тамбов 28.7%). На остальной территории Центрального Черноземья вероятность неустойчивого состояния атмосферы находится в пределах 24 – 26%.

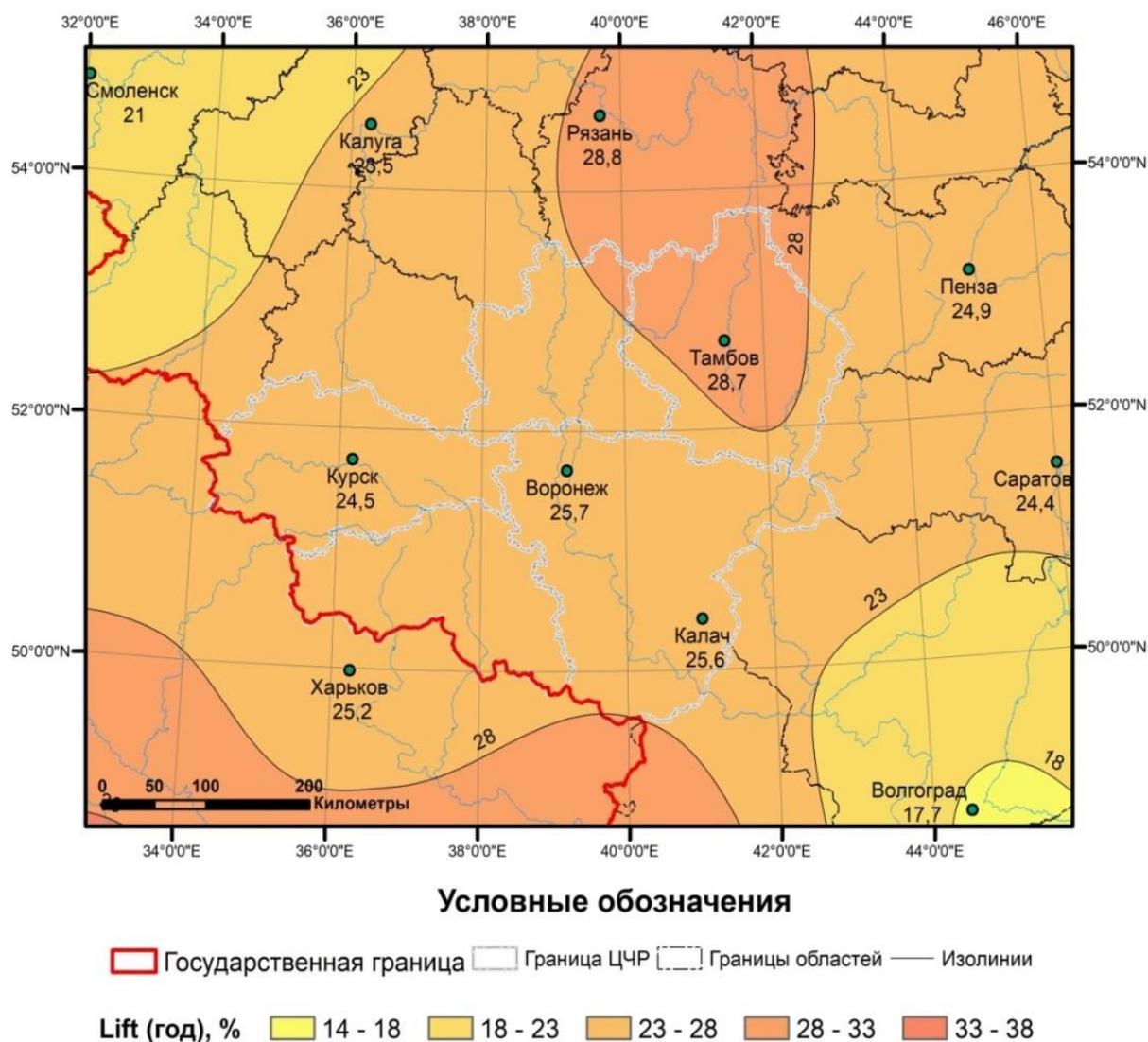


Рис. 1. Пространственное распределение вероятности неустойчивой погоды летом на территории Центрального Черноземья

Таким образом, установлено, что между концентрацией загрязняющих веществ и неустойчивостью атмосферы имеется значимая корреляционная связь и в течение года на территории центральной части Русской равнины преобладает устойчивое состояние атмосферы, особенно в зимний период.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
№ 20-17-00172, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>*

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов Л.М. Геоэкологическая оценка загрязнения воздушного бассейна города Воронежа автотранспортом в зависимости от состояния атмосферы / Л. М. Акимов, А. Б. Якушев, С. А. Куролап // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. – 2011. – № 2. – С. 158-165.

2. Акимов Л.М. Анализ влияния функционально-планировочной структуры города на загрязнение воздушного бассейна / Л.М. Акимов, П.М. Виноградов, Е.Л. Акимов // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды. – 2014. – С. 55-65.

3. Акимов Л.М. Пространственно-временные закономерности формирования аэротехногенного загрязнения атмосферы в условиях вертикальной "неустойчивости" в Центральном Черноземье / Л.М. Акимов, Е.Л. Акимов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2023. – Т. 17, № 2. – С. 11-22.

4. Безуглая Э.Ю. Чем дышит промышленный город / Э.Ю. Безуглая, Г.П. Расторгуева, И.В. Смирнова. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 256 с.

5. Назаренко А.В. Исследование уровня загрязнения воздуха г. Воронежа при использовании аэросиноптического материала / А.В. Назаренко, С.А. Дьяков // Высокие технологии в экологии: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. – 2003. – С. 41-45.

6. Galway J.G. The lifted index as a predictor of latent instability // Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS), 1956, pp. 528-529.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО УТОЧНЕНИЮ КЛАССА НЕУСТОЙЧИВОСТИ АТМОСФЕРЫ ПО ПАРАМЕТРУ ПАСКУИЛЛА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ РАВНИНЫ

*Л.М. Акимов, Е.Л. Акимов
akl63@bk.ru*

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Стабильность атмосферы важна при определении параметров боковой и вертикальной горизонтальной дисперсии. Наиболее часто используемой классификацией стабильности атмосферы является классификация Паскуилла (Pasquill, F. 1961), позже модифицированная Гиффордом (1961) и называемая классом устойчивости Паскуилла-Гиффорда (PG) [1–2].

Стандартная модель по Паскуиллу представляет собой модель гауссова шлейфа и рассматривает непрерывный источник выброса Q (кг/сек) на эффективной высоте (h)

над землей. При предполагаемой равномерной скорости ветра (u) модель обеспечивает концентрацию C (кг/на кубический метр) по формуле [1]:

$$\frac{C}{Q}(x, y, z) = \frac{1}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} e^{-y^2/2\sigma_y^2} \left[e^{-(z-h)^2/2\sigma_z^2} + e^{-(z+h)^2/2\sigma_z^2} \right] \quad (1)$$

где x — радиальное расстояние по ветру от выбросов. Координата y относится к горизонтальному направлению под прямым углом к оси шлейфа, где y равен нулю на оси x . Координата z — это высота над землей, которая на данный момент считается плоской и однородной. Параметры σ_y и σ_z представляют собой стандартные отклонения распределения C в направлениях y и z соответственно. Последний член выражения учитывает отражение шлейфа от земли, предполагая, что источник изображения находится на расстоянии h под поверхностью земли. Параметры дисперсии σ_y и σ_z заданы как функции расстояния по ветру (x) и устойчивости и основаны на сочетании экспериментальных результатов и теории.

Для описания устойчивости атмосферы используется 6 классов устойчивости: А, В, С, D, Е и F (по Паскуиллу). Первые три класса соответствуют неустойчивой стратификации атмосферы, последние два – устойчивой. Класс D соответствует нейтральной стратификации атмосферы.

Нестабильные состояния обозначаются буквой «А» (или цифрой 1), тогда как все более стабильные состояния обозначаются последовательными буквами алфавита, так что чрезвычайно стабильные состояния обозначаются буквами «F» и/или «G» (6 и/или 7). Нейтральные атмосферные условия обозначаются классификацией «D» (4). Предполагается, что в течение времени распространения облака, характеристики атмосферы не меняются.

Важно отметить, что классы устойчивости Паскуилла (Pasquill) представляют собой качественный способ описания стабильности атмосферы – тенденции атмосферы сопротивляться или усиливать вертикальное движение.

Тернер (Turner, D.V. 1964) [3] разработал схему определения класса устойчивости атмосферы с использованием данных радиационного воздействия и влияния скорости ветра.

Расчеты приходящей радиации требуют знания общего облачного покрова, их яруса (вертикальное расположение) и высоты Солнца над горизонтом, которая сама по себе является функцией времени дня и года, а также географического положения.

В зависимости высоты Солнца над горизонтом Тернер (Turner) выделяет 4 класса инсоляции, представленные в таблице 1.

Таблица 1
Номер класса изоляции (IN) как функция высоты Солнца, θ [3]

Solar altitude / Высота Солнца (θ)	Insolation / инсоляция	IN / Номер класса инсоляции
$60 \leq \theta$	Strong / сильная	4
$35 \leq \theta < 60$	Moderate / умеренная	3
$15 \leq \theta < 35$	Slight / слабая	2
$\theta \leq 15$	Weak / очень слабая	1

Исходя из анализа таблицы 1, а также географической широты центральной части

Русской равнины простирающейся в пределах 50 – 55°с.ш. можно сделать заключение, что рассматриваемая территория относится к «умеренному» классу инсоляции (номер инсоляции IN=3).

В таблице 2 перечислены критерии шести классов устойчивости Паскуилла, которые основаны на пяти классах скорости приземного ветра, трех классах дневной приходящей солнечной радиации основанной на присвоенном классе инсоляции и двух классах ночной облачности в зависимости от состояния небосвода (<3/8 – малооблачно; >4/8 – переменная облачность и пасмурно).

Таблица 2

Метеорологические условия, определяющие классы устойчивости по Паскуиллу (Pasquill F.)

Скорость приземного ветра (м/с)	Дневная приходящая солнечная радиация			Класс ночной облачности	
	Сильная	Умеренная	Слабая	>4/8	<3/8
<2	A	A-B	B	E	F
2 – 3	A-B	B	C	E	F
3 – 5	B	B-C	C	D	E
5 – 6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

На рисунке 1 представлено пространственное распределение повторяемости слабых ветров (<2 м/с) за год (%) на территории центральной части Русской равнины.

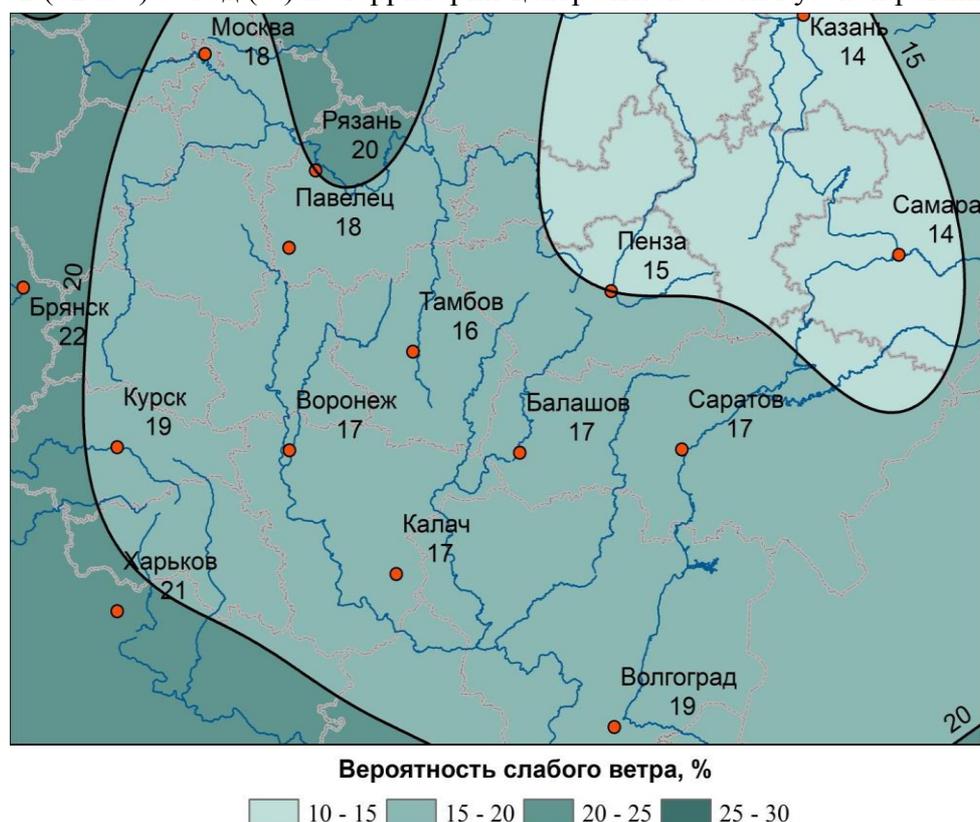


Рис. 1. Повторяемость слабых ветров (<2 м/с) за год (1973 – 2023 гг.)

Анализ рисунка 1 позволил установить увеличение повторяемости слабых ветров на территории центральной части Русской равнины с северо-востока (Казань – 14 %, Самара – 14 %, Пенза – 15 %) на юго-запад (Харьков – 21 %, Брянск – 22%), что объясняется влиянием циркуляции атмосферы.

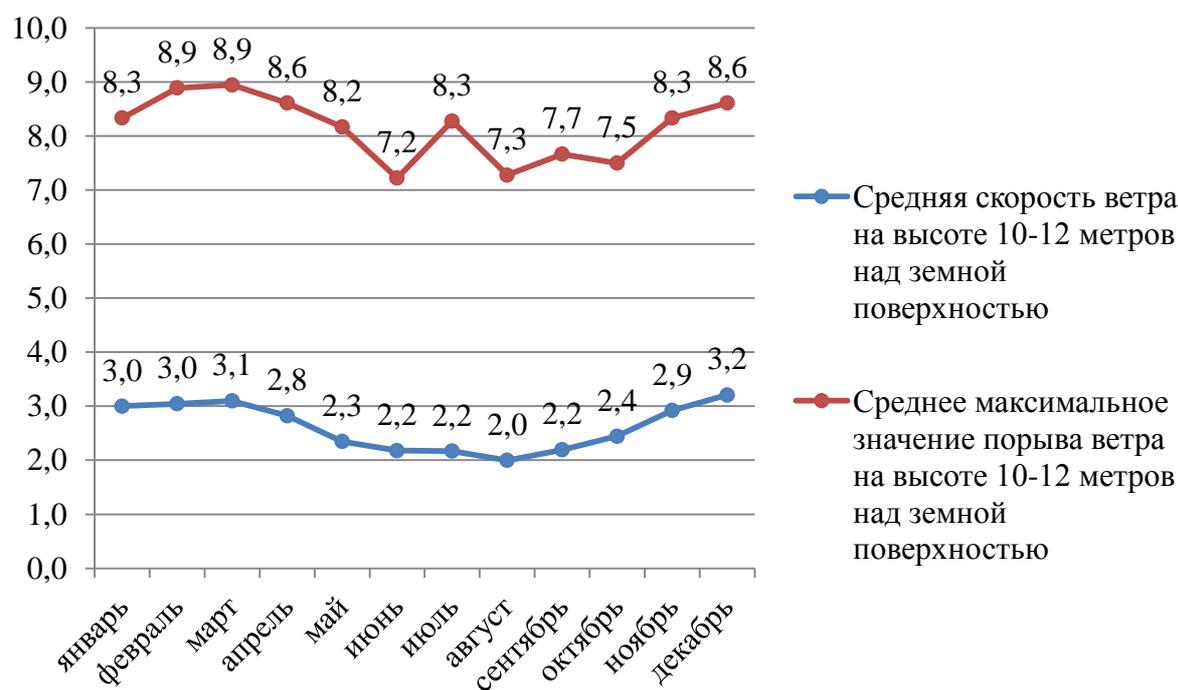


Рис. 2. Средние приземные скорости ветра и порывы на ст. Воронеж (1973 – 2023)

На рисунке 2 видно, что наибольшая средняя месячная скорость ветра в городе Воронеже наблюдается в декабре (3,2 м/с), а наименьшая средняя скорость ветра наблюдается в августе и составляет 2,0 м/с. В целом можно отметить, что обычно летом скорость ветра понижается, осенью увеличивается и в холодный период достигает максимума. Если рассматривать средние максимальные значения порыва ветра на высоте 10-12 метров над земной поверхностью, то можно сделать вывод о том, что максимальная скорость достигается в феврале и марте и составляет 8,9 м/с.

Исходя из результатов анализа рисунков 1 и 2, с учетом класса инсоляции (номер инсоляции IN=3 «умеренный»), можно сделать вывод, что по ветровому режиму, на территории центральной части Русской равнины летом преобладают классы В-С, а зимой С-Д.

Для уточнения класса устойчивости атмосферы по Паскуиллу с учетом облачности проведен анализ типов погоды по городам расположенным на территории центральной части Русской равнины. Анализ проводился для холодного и теплого периодов по центральным месяцам сезона (зима – январь, лето – июль).

Вероятность преобладания различных типов погоды зимой и летом на территории города Воронежа представлена на рисунке 3. Из рисунка видно, что зимой с вероятностью 85% преобладает пасмурная погода, вероятность солнечных дней составляет 15%. Летом погода в большей степени была ясной (57%), небо покрывалось облаками в 43% случаев.

Таким образом, в результате комплексного анализа метеорологических парамет-

ров можно установить, что зимой на территории центральной части Русской равнины преобладают условия погоды соответствующие классу устойчивости D по Паскуиллу (Pasquill), а летом преобладают условия В-С. Полученные выводы подтверждают ранее полученные результаты об устойчивости атмосферы [4] в которых также указывалось на необходимость замены используемого в ОНД-86 на исследуемой территории класса «А» по Паскуиллу на классы «С» – летом и «D» – зимой.

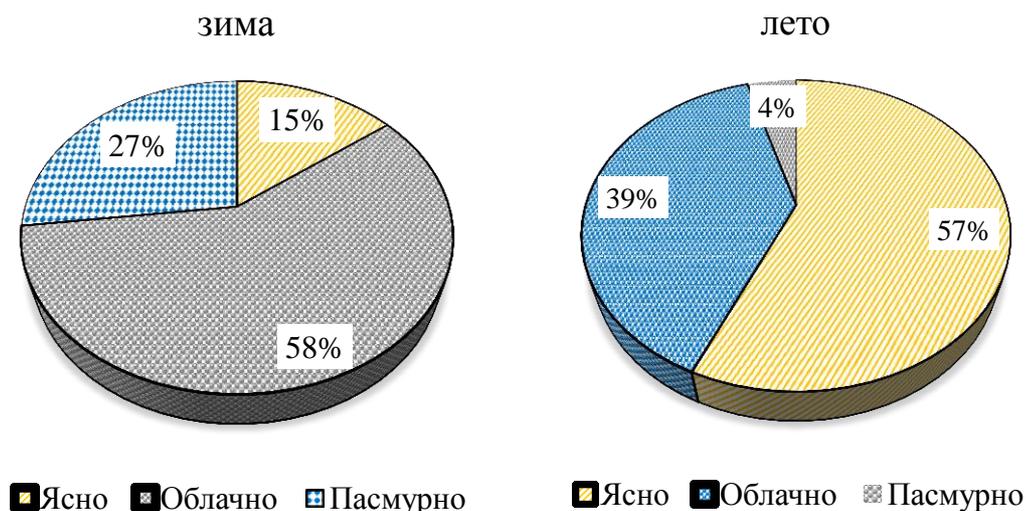


Рис. 3. Типы погоды в Воронеже

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-17-00172, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>

ЛИТЕРАТУРА

1. Pasquill, F., 1961. The estimation of the dispersion of windborne material. Meteorol. Magazine, 90, 33-49.
2. Pasquill, F., 1974. Atmospheric Diffusion, John Wiley, New York.
3. Turner, D.B., 1967. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Public Health Service Publication 999-AP-26, Robert A Taft Sanitary Engineering Center, Cincinnati, OH.
4. Акимов Л.М. Пространственно-временные закономерности формирования аэротехногенного загрязнения атмосферы в условиях вертикальной «неустойчивости» в Центральном Черноземье / Л.М. Акимов, Е.Л. Акимов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2023. – Т. 17, № 2. – С. 11-22.

СРАВНЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ ЗА ДВА 30-ТИЛЕТНИХ ПЕРИОДА (1961-1990 И 1991-2020 Г.Г.) В ГОРОДАХ РОССИИ

В.И. Акселевич¹, Г.И. Мазуров²
vaksster@gmail.com

¹*Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики,
г. Санкт-Петербург, Россия*

²*Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Сегодня у всех на слуху вопросы, связанные с изменением климата и необходимостью адаптации деятельности человека к новым климатическим условиям. По рекомендации ВМО принят новый климатический интервал 1991-2020 годы взамен старого 1961-1990 годы для определения норм метеорологических параметров, широко используемых в промышленности, сельском хозяйстве и строительстве. За 30 лет изменился состав информации, описывающей нормы и значения норм.

2 основные цели расчета климатических норм представлены в [1].

1. Нормы необходимы для сравнения различных видов наблюдений.
2. Нормы широко используются для прогноза ожидаемых метеоусловий с наибольшей вероятностью.

К основным приземным климатологическим параметрам согласно [1] относятся число дней с осадками количеством не менее 1 мм, общее количество осадков, среднемесячные значения максимальных, минимальных и среднесуточных температур, среднее значение давления на уровне моря, средняя упругость водяного пара, общее количество часов солнечного сияния.

За 30 лет изменился состав информации, описывающей нормы. К ранее представлявшимся значениям средней ежемесячной температуры воздуха, месячных сумм осадков и среднемесячного давления прибавились число дней с осадками более 1 мм в месяц и продолжительность солнечного сияния в течение месяца. Правда, последний параметр представлен далеко не для всех станций. Информация о месячных нормах температуры воздуха и количества осадков взята из выложенных в сети Интернет источников [2].

Для оценки интенсивности и направления изменения климата, на наш взгляд, можно использовать сумму ежемесячных значений температуры воздуха за год и количество выпадающих за год осадков. В таблице 1, в качестве примера, приведены значения сумм температуры и количества осадков по месяцам, как норм за 1961-1990 годы и норм за 1991-2020 годы для станции ВДНХ в Москве.

Из таблицы 1 видно, что температура за каждый месяц растет, а вот количество осадков в целом тоже растет, но в апреле, июле и ноябре падает.

Мы посчитали интересным сравнить как изменились за 30 лет ежемесячные нормы температуры воздуха и количества выпадающих осадков для 82 пунктов РФ, относящихся к различным по классификации ВНИИГМИ-МЦД квазиоднородным климатическим районам (12 для 9-го района, 10 – для 1, 2, 4, 5, 6, 7 районов, 8 для 3-го и 2 для 8-го района). Расположение районов отображено на рис. 1.

Таблица 1

Сравнение норм температуры и месячных сумм осадков для 1961-1990 и 1991-2020 годов для Москвы

Месяцы	1961-1990		1991-2020	
	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм	Температура воздуха, °С	Количество осадков, мм
<i>Январь</i>	- 9.2	42	- 6.2	53
<i>Февраль</i>	- 7.6	36	- 5.9	44
<i>Март</i>	- 2.1	34	- 0.7	39
<i>Апрель</i>	5.7	44	6.9	37
<i>Май</i>	13	51	13.6	61
<i>Июнь</i>	16.5	75	17.3	77
<i>Июль</i>	18.1	94	19.7	84
<i>Август</i>	16.3	77	17.6	78
<i>Сентябрь</i>	10.9	65	11.9	66
<i>Октябрь</i>	5	59	5.8	70
<i>Ноябрь</i>	- 1.1	58	- 0.5	52
<i>Декабрь</i>	- 6	55	- 4.4	51
Итого	59.5	690	75.1	712

Таблица 2

Разности суммы температур и величин выпадающих за год осадков

Пункт	Район	Разность температур	Разность к-в осадков
1	2	3	4
Амдерма	1	13.3	34
Антипаюта	1	22.2	-81
Архангельск	1	13.7	77
Игарка	1	16.6	61
Кандалакша	1	14.8	47
Мурманск	1	13.5	30
Надым	1	13.5	44
Нарьян-Мар	1	17.2	84
Салехард	1	18.4	40
Тазовский	1	10.3	225
Агата	2	14.5	21
Андрюшкино	2	9.3	-25
Верхоянск	2	43.2	4
Зырянка	2	14.1	53
Кюсюр	2	57.1	22
Оленек	2	22.5	11
Остров Котельный	2	22	-13
Среднеколымск	2	21	34

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Тикси	2	22.1	78
Хатанга	2	19.8	13
Анадырь	3	15.5	40
Апука	3	5.7	-13
Магадан	3	10.2	52
Мыс Уэлен	3	20.3	-163
Остров Врангеля	3	27.5	-28
Певек	3	47.9	- 40
Сусуман	3	15.4	10
Усть-Омчуг	3	14.8	46
Александров-Гай	4	13,7	-27
Белгород	4	9.4	- 69
Владимир	4	11.4	7
Воронеж	4	17.1	-4
Иваново	4	14.8	26
Казань	4	15.7	21
Москва	4	15.6	22
Нижний Новгород	4	15.1	50
Санкт-Петербург	4	16.2	33
Саратов	4	11.5	1
Александровское	5	27.7	38
Бакчар	5	11.4	28
Барабинск	5	12.2	11
Барнаул	5	10.2	20
Екатеринбург	5	20.3	37
Курган	5	11,5	2
Омск	5	11.3	29
Тюмень	5	13.3	12
Томск	5	12.6	45
Ханты-Мансийск	5	13.2	-1
Алдан	6	41.1	90
Багдарин	6	10	43
Байкит	6	13.5	-2
Борзя	6	12.1	-12
Братск	6	16.6	21
Зима	6	16.1	48
Иркутск	6	16.3	8
Могоча	6	12.3	8
Улан-Удэ	6	16.4	- 6
Чита	6	20.5	- 2

1	2	3	4
Александровск-Сахалинский	7	9.8	72
Арка	7	7.2	68
Аян	7	9.6	81
Благовещенск	7	14.9	- 1
Владивосток	7	11	69
Комсомольск-на-Амуре	7	14.8	34
Николаевск-на-Амуре	7	6.5	40
Петропавловск-Камчатский	7	18.4	191
Хабаровск	7	9.6	13
Южно-Сахалинск	7	9.8	27
Кызыл	8	- 8,7	24
Эрзин	8	23.3	-40
Анапа	9	10.5	49
Армавир	9	11	56
Астрахань	9	12,2	15
Дербент	9	13.7	23
Керчь	9	7.9	4
Махачкала	9	5.2	44
Приморско-Ахтарск	9	11.6	-31
Серафимович	9	12.8	10
Симферополь	9	11.6	- 7
Туапсе	9	13	26
Феодосия	9	13.5	26
Элиста	9	12.6	3

Во ВНИИГМИ-МЦД провели районирование территории России по климатическим квазиоднородным районам, полученным путем осреднения норм за период 1961-1990 годов [3]. Их расположение схематично представлено на рис. 1.

Однако проведенные расчеты показывают, что по суммам среднемесячной температуры и годовому количеству выпавших осадков проводить деление по таким районам нельзя, так как внутри регионов разность сумм температуры достигает 47,8 градусов (2 район), а разность сумм выпавших осадков 306 мм (1 район).

Анализ изменений климата по величине изменения суммы среднемесячных температур и годовому количеству осадков показывает, что практически во всех используемых для анализа пунктах, кроме Кызыла, наблюдается потепление. Самое большое потепление характерно для станции Кюсюр 57,1 градусов (2-й район). А вот в Кызыле (8 район) фиксируется похолодание -8,7 градуса. Наименьшее изменение годовой суммы температур наблюдалось в Махачкале (5.2 градуса, 9 район).

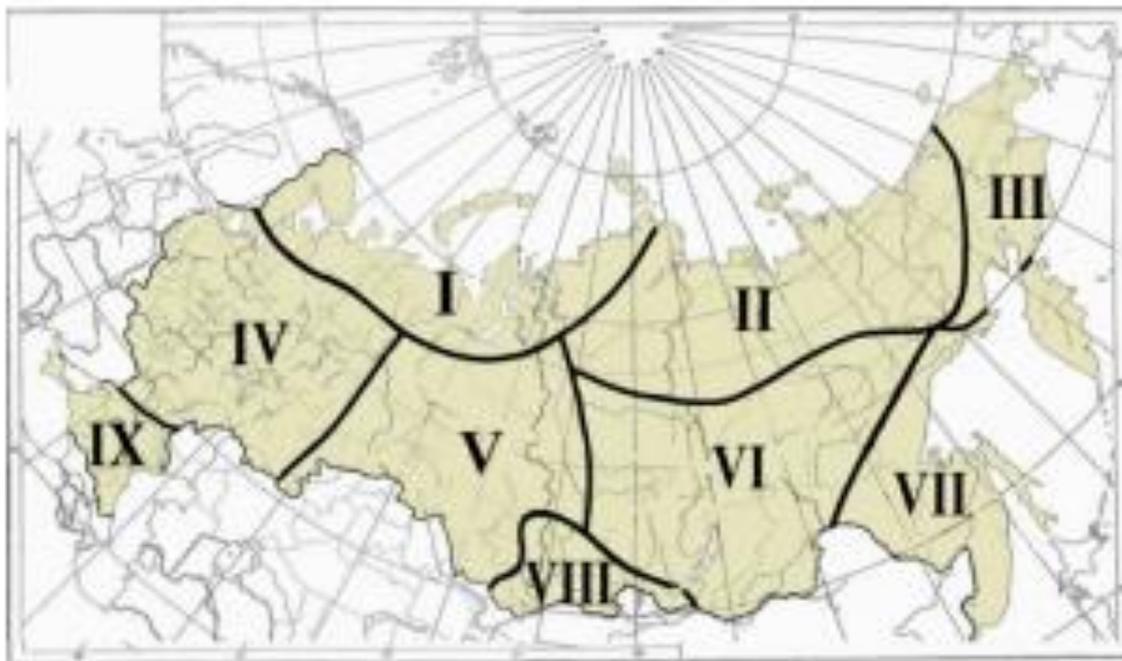


Рис. 1. Квазиоднородные климатические регионы: I – Север ЕТР и Западной Сибири, II – Северная часть Восточной Сибири и Якутии, III – Чукотка и север Камчатки, IV – Центр ЕТР, V – Центр и юг Западной Сибири, VI – Центр и юг Восточной Сибири, VII – Дальний Восток, VIII- Алтай и Саяны, IX- Юг ЕТР.

Сложнее ситуация с количеством выпадающих осадков. Самое большое прибавление осадков (225 мм) наблюдается в Тазовском. Это 1-й район. Максимальное уменьшение количества осадков наблюдается на метеостанции Мыс Уэлен (163 мм) в 3 районе.

Таблица 3
 Нормы температуры и количества осадков по 30-летним периодам времени

Средняя многолетняя температура воздуха в Саратове													
Период / месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
1951-1980	-10,8	-10,6	-4,3	7,5	15,8	20,1	22,0	20,5	14,1	5,8	-1,5	-6,6	6,01
1961-1990	-9,9	-9,3	-3,3	8,1	15,9	19,9	22,0	20,3	14,2	6,1	-0,7	-6,4	6,41
1971-2000	-8,6	-8,4	-3,0	8,4	15,8	20,5	22,3	20,3	14,2	6,5	-1,1	-5,9	6,75
1981-2010	-7,6	-7,9	-2,3	8,4	15,8	20,5	22,6	20,8	14,4	7,1	-0,8	-6,2	7,07
1991-2020	-7,7	-7,7	-1,8	8,5	16,3	20,6	22,9	21,3	14,8	7,5	-0,4	-5,9	7,37
Аномалия к 1981-2010	-0,1	0,2	0,5	0,1	0,5	0,1	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Среднее многолетнее количество осадков в Саратове													
Период / месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
1951-1980	42	32	28	25	40	37	40	45	32	39	37	39	436
1961-1990	44	31	29	25	42	41	45	46	37	33	47	43	463
1971-2000	39	31	25	28	39	47	49	39	46	31	41	42	457
1981-2010	39	32	30	29	38	47	48	33	46	35	43	39	459
1991-2020	44	35	35	31	37	51	43	28	46	37	36	39	462
Аномалия к 1981-2010	5	3	5	2	-1	4	-5	-5	0	2	-7	0	3

Наконец, в [4] приведены интересные данные на тему норм метеорологических величин для Саратова.

Анализ таблицы 3 показывает, что при расчете норм по 30 летним периодам со сдвигом на 10 лет получаем потепление по температуре для всех месяцев, кроме января и небольшое уменьшение количества осадков. (1 мм по сравнению с периодом 1961-1990). При этом уменьшение количества осадков характерно для мая, июля, августа, октября, ноября, декабря.

Таким образом, исследование климатических норм и их изменений, вычисленных за два 30-тилетних периода показывает, что это ставит перед исследователями ряд вопросов по их интерпретации и адаптации к ним различных отраслей хозяйства. Это в основном подтверждает гипотезу о потеплении, приоткрывает занавес над значительно более сложной картиной изменения количества осадков и термического режима. При этом причина этих изменений остается неизвестной. Единственное, что говорит о потеплении климата, это уменьшение альбедо планеты за счет антропогенного влияния, а остальные возможные причины естественного происхождения, такие как землетрясения, извержения вулканов, изменение океанических течений, изменение солнечной активности и другие, остаются неизвестными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм. – Изд.-во ВМО № 1203. – 2017.
2. <https://meteoinfo.ru/climatecities> URL Гидрометцентр России: о погоде из первых рук. Фактические данные. Климатические нормы. (дата обращения: 7.06.2024)
3. <http://meteo.ru/activity/climate/russian-climate-monitoring/> URL ВНИИГМИ-МЦД. Мониторинг климата России. (дата обращения: 7.06.2024).
4. http://vk.com/wall-152286692_1546?yselid=1x8wr6xple797296419/ URL: КЛИМАТИЧЕСКИЕ НОРМЫ 1991-2020гг... | Погода и климат Саратовской области | ВКонтакте (vk.com) (дата обращения: 10.06.2024).

УЧЁТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ МАСЛА В ГАЗАХ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

*Д.С. Алиев, О.Л. Ерин, К.Ю. Янкина
for_registr_only@mail.ru*

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

В различных системах воздушных судов широко применяется кислород как в жидком, так и в газообразном виде, получаемый при разделении воздуха в газодобывающих станциях стационарного типа.

Несмотря на то, что кислород, хоть и является сильным окислителем, сам по себе не представляет опасности, т.к. не горит и самопроизвольно не взрывается. Однако, при определённых условиях, взаимодействие горючего вещества (углеродного масла) и газообразного кислорода может спровоцировать экзотермическую реакцию и последующий

взрыв. Основным источником поступления в газификационную установку горючих веществ являются поршневые группы компрессоров и детандеров, смазываемые маслом, масла используемые в фильтрах очистки воздуха от пыли, а также продукты их термического разложения. При этом, исключить поступление масла в разделительный аппарат, где используются поршневые машины, чрезвычайно трудно. Условия возникновения взрывоопасной смеси кислорода и масла проанализированы, например, в [1].

Помимо возможности возникновения взрывоопасных ситуаций при производстве продуктов разделения воздуха, причиной попадания масла в элементы газового оборудования могут стать так же неправильные условия эксплуатации газозарядных станций или нарушения в процессе технического обслуживания. Для предотвращения этого в соответствии с [2] предусмотрено проведение контроля качества газов после каждой зарядки газозарядной станции от стационарной газификационной установки или газодобывающей станции.

В настоящее время определение содержания масла в получаемых газах возможно только в стационарных лабораториях, размещаемых при газодобывающей станции. Согласно нормативным документам [3, 4] масло в газообразном и жидком кислороде должно полностью отсутствовать.

В ряде случаев возникает необходимость производить определение содержания масла в жидком и газообразном кислороде в полевых условиях. Для этих целей необходимо использовать полевую лабораторию.

Рассмотрим количественные способы определения содержания масла в жидком кислороде, основанные на визуальном сравнении мутности раствора эталона и анализируемого образца.

1. *Нефелометрическое определение содержания масла в жидком кислороде.* В этом случае используются шкалы на основе смеси диэтилового эфира и ледяной уксусной кислоты.

Для нефелометрического методаготавливается эталонная искусственная шкала. В раствор масла в диэтиловом эфире добавляют ледяную уксусную кислоту. Из полученного эфирно-уксусного раствора масла, с помощью уксусной кислоты и дистиллированной воды готовится восемь пробирок масляной эмульсии (эталонная шкала) с определённым содержанием масла (таблица 1) [4].

Следует отметить, что диэтиловый эфир горюч и взрывоопасен, относится к IV классу опасности, ПДК 300 мг/м³. Уксусная кислота с массовой концентрацией более 80% относится к III классу опасности [5].

Таблица 1

Шкала образцовых растворов на основе смеси диэтилового эфира и ледяной уксусной кислоты

Характеристика эталонных растворов	Номера эталонных растворов								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Эфирно-уксусный раствор масла, см ³	0	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
Уксусная кислота, см ³	2	2	2	1,95	1,9	1,8	1,6	1,4	1,2
Дистиллированная вода, см ³	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Мутность соответствует содержанию масла, мг	0	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8

Из-за того, что мутность эфирно-уксусной смеси пропадает со временем, то в качестве образцовой искусственной нефелометрической шкалы используют шкалу на основе смеси диэтилового эфира, ледяной уксусной кислоты и латекса полистирола (таблица 2). Срок годности

сти такой образцовой шкалы 3 месяца [4].

Таблица 2

Шкала эталонных растворов на основе смеси диэтилового эфира, ледяной уксусной кислоты и латекса полистирола

Характеристика эталонных растворов	Номера эталонных растворов								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Стандартный раствор латекса полистирола №1, см ³	0	0,25	0,5	1	2	4	8	0	0
Дистиллированная вода, см ³	8	7,75	7,5	7	6	4	0	0	0
Стандартный раствор латекса полистирола №2, см ³	0	0	0	0	0	0	0	8	0
Стандартный раствор латекса полистирола №3, см ³	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Мутность соответствует содержанию масла, мг	0	0,125	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8

Чувствительность X_{min}^I нефелометрического анализа рассчитывается по формуле:

$$X_{min}^I = \frac{\delta_{min} \cdot 1000}{V_0},$$

где δ_{min} – минимальная масса масла, определяемая на приборе, мг; V_0 – объём газа, взятый для анализа, приведённый к нормальным условиям по ГОСТ 2939-63, дм³ [6].

Метод прост и позволяет проводить экспресс-анализ в полевых условиях.

Однако существенным недостатком данного метода является то, что уксусная кислота и диэтиловый эфир должны строго учитываться, храниться и утилизироваться в соответствии с [8-9], т. к. они включены в Перечень наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, оборот которых контролируется и отслеживается государством (список IV) [7].

2. *Люминесцентный метод количественного определения содержания масла в жидком кислороде.* В этом случае для анализа используется две шкалы: шкала стандартного раствора масла и образцовая шкала растворов масла.

К недостаткам метода можно отнести: использование масла того сорта, присутствие которого в анализируемых пробах наиболее вероятно; использование чистых растворителей марки ч.д.а., (высокоопасный четыреххлористый углерод ч.д.а., хладон-113. Четыреххлористый углерод относится ко II классу опасности с ПДК 20 мг/м³ [5], Хладон-113 – к IV классу опасности с ПДК 3000 мг/м³ [5]); необходима высокая квалификация персонала; отсутствие латекса полистирола отечественного производства (приобретение импортного в условиях санкционного режима затруднено); жёсткие требованиями по выполнению организационных мероприятий по хранению, строгому учёту и особенно утилизации отработанных реактивов; высокую стоимость оборудования.

Достоинства метода: проведение большого количества измерений без замены реактивов; для анализа достаточно небольшой массы пробного вещества; ошибка $\leq 10\%$; высокая чувствительность и селективность.

Таким образом, для обеспечения экологической безопасности и здоровья персонала при организации работ полевой лаборатории для определения наличия масла в жидком кис-

лорде можно использовать любой метод, при решении вопросов по учёту, хранению и утилизации реактивов [7-9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник химика 21 Химия и химическая технология [Электронный ресурс]: электронная версия 2.1 Г.2 Ч.3 / под ред. И.П. Калинин. – М.: НПО «Профессионал», 2007. – 1 электр. опт. диск (CD-ROM).

2. Методические рекомендации по предупреждению авиационных событий с воздушными судами при эксплуатации средств наземного обслуживания общего применения в авиационных частях Воздушно-космических сил утверждённые ГК ВКС 01.08.2019 г.

3. ГОСТ 5583-78 «Кислород газообразный технический и медицинский».

4. ГОСТ 6331-78 «Кислород жидкий технический и медицинский».

5. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

6. ОСТ 26-04-2574 80 Отраслевой стандарт. Газы, криопродукты, вода. Методы определения содержания минеральных масел. 1980 г.

7. Постановление Правительства РФ от 2 июля 2015 г. № 665 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации в связи с совершенствованием контроля за оборотом наркотических средств, прекурсоров наркотических средств и психотропных веществ».

8. Постановление Правительства РФ от 28 октября 2021 г. № 1846 «О предоставлении сведений о деятельности, связанной с оборотом прекурсоров наркотических средств и психотропных веществ, и регистрации операций, связанных с их оборотом, и признании утратившими силу некоторых решений Правительства РФ».

9. Постановление Правительства РФ от 30 апреля 2022 г. № 809 «О хранении наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров».

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОД И ФОРМИРОВАНИЕ НОВОЙ АКВАТОРИИ В СИСТЕМЕ ОЗЕР РЕКИ ВОРОНА КАК АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

*Г.А. Анциферова¹, Н.И. Русова²
g_antsiferova@mail.ru*

¹*Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия*

²*Военно-морской политехнический институт «Военно-морская академия имени адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова», г. Санкт-Петербург, Россия*

Современные климатические изменения, в частности, проявляющиеся в виде смены температурного режима регионов, являются общепризнанными.

В свете этого трудно переоценить значимость систематических исследований, которые проводятся в условиях особо охраняемых природных территорий, имеющих ограниченный режим хозяйствования. Это позволяет проследить ряд природных процессов, не осложненных антропогенным влиянием.

В среднем течении р. Ворона, в пределах государственного природного заповедника «Воронинский», существует система проточно-русловых озёр. Их происхождение связано с современными тектоническими поднятиями, проявляющимися на данной тер-

ритории, которые приводят к озеровидным расширениям русла реки [2].

Мониторинг состояния компонентов окружающей среды, – а именно геосистемы «водосборная территория ↔ водная экосистема», проводится нами, начиная с 2007 года и по настоящее время [1, 3].

Экстремально высокие летние температуры воздуха 2010–2012 годов послужили триггером для проявления ряда природных событий, а именно изменение экологического состояния озер и появление новой озерной акватории.

Материалы по наблюдениям 2007–2009 годов используются для сравнения в качестве исходных данных, когда озера существовали в режиме среднестатистических климатических условий, характерных для региона. Водоемы отличало экологическое благополучие, которое подтверждалось чрезвычайным видовым богатством сообществ фитопланктона, представленных диатомовыми водорослями и цианобактериями (сине-зелеными водорослями) [3].

Первый тип адаптации прослежен как отклик водной экосистемы в виде изменения эколого-биологического состояния проточно-руслowych озер. Данный процесс связан с их резким обмелением и соответственно расширением хорошо прогреваемых зон мелководий, зарастающих высшей водной растительностью.

Соответственно в конце каждого вегетационного сезона происходило увеличение объемов отмирающей растительной органики, с переработкой которой водная экосистема не справлялась. Это способствовало органическому загрязнению вод. На фоне этого в результате изменения температурного режима из состава сообществ фитопланктона исчезли многие представители диатомовых водорослей, ряд видов цианобактерий. В водных экосистемах распространились виды, обеспечивающие их стабильность в условиях новых сложившихся температурных параметров. Произошло вселение инвазивных видов, характерных для хорошо прогреваемых водоемов Крыма, и для среднеазиатских водоемов, например Бухары. Среди последних с оценками обилия «в массе» стали развиваться виды загрязненных местообитаний, ранее не встречавшихся в водоемах заповедника. Также появились виды других типов микроводорослей, которые свидетельствуют об органическом загрязнении вод.

В мелководном озере Рамза в эти годы произошло еще большее обмеление, и соответственно расширение зоны макрофитов, в том числе рогоза, камыша и других. В месте впадения р. Ворона в озеро Рамза речной поток снижал свою живую силу, и по системе проток, заросших макрофитами, растекался по акватории озера. Далее, на выходе из озера, воды вновь формировали мощный речной поток, который в виде трехкилометрового речного потока, соединял его с акваторией озера Кипец.

Другой тип адаптации прослежен для водной экосистемы «речной поток ↔ озеро ↔ речной поток», когда визуально прослеживаются изменения морфометрии и морфологии озера, но объем вод речного потока принимается как неизменный (в данном случае отсутствуют специальные гидрологические расчеты).

В 2009 году примерно в полутора километрах от озера Рамза ниже по течению была замечена небольшая куртина камыша озерного, площадью не более 1,5–2,0 м². Она была приурочена к месту обрушения в реку куста тальника. На данном участке стал происходить подмыв левого берега, поскольку этот куст препятствовал прямолинейному движению речного потока.

Нами было высказано предположение о заложении в этом месте в ближайшие годы озеровидного расширения русла реки. И данный прогноз о появлении новой озерной акватории в системе проточно-руслowych водоемов, к 2013–2015 годам, полностью подтвердился [3]. Первоначально возникла названная нами Новая заводь, на месте которой к 2020–2023 годам сформировалось и стало функционировать новое озеро. По сути, ак-

ватория резко обмелевшего озера Рамза, заняла новую позицию – от места, где ранее речной поток, имеющий глубины до 15–16 м, вытекал из озера, и далее вниз по течению, поглотив, в том числе и Новую заводь. Высокие темпы данного процесса не являются неожиданными, если рассматривать их с позиций изменения климата, а именно стрессового воздействия экстремально высоких летних температур 2010–2012 годов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анциферова Г.А. Особенности вегетационных сукцессий низших водорослей в условиях аномально высоких летних температур 2010-2012 годов (бассейн Среднего Дона) / Г.А. Анциферова // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2013. – № 2. – С. 107-112.

2. Анциферова Г.А. Происхождение межледниковых и современных озерных котловин бассейнов Верхнего и Среднего Дона / Г.А. Анциферова, Л.Т. Шевырев, А.О. Калашников // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2012. – № 1. – С. 42-49.

3. Анциферова Г.А. Сообщества микроводорослей и биоиндикация проточно-русовых озер лесостепной провинции Приволжской возвышенности / Г.А. Анциферова, Н.И. Русова // Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга». 2019. – 200 с.

АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

И.М. Байкова, С.Л. Зюкина
irinabaykova@yandex.ru

*Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*
ООО «Агентство музейных коммуникаций», г. Санкт-Петербург, Россия

Проблема адаптации к изменениям климата проявилась в начале 1970-х годов в связи с возникновением ответственной задачи по оценке изменения глобального климата под влиянием деятельности человека. В июле 1970 г. на совещаниях в Вильямстауне и в июле 1971 г. в Стокгольме — метеорологи и климатологи из 14 стран подготовили монографии, посвященные указанной проблеме [5,6]. В августе 1971 г. в Ленинграде был проведен международный симпозиум по физической и динамической климатологии, на котором обсуждалась проблема, связанная с влиянием человека на климат и его последствиями для природной среды. В работе симпозиума приняли участие известные ученые в области климатологии, моделирования климата и физики приземного слоя из 20 стран. Среди них были ведущие климатологи из Германии (Г. Флон) и США (Джозеф Смагоринский, Хельмут Ландсберг). М.И. Будыко (СССР) на этом совещании высказал идею о глобальном изменении климата в будущем, обусловленную влиянием увеличения в атмосфере концентрации углекислого газа и других «парников газов», выделение которых в атмосферу связано с деятельностью человека. Известные специалисты по климатологии были сторонниками развития в ближайшем будущем глобального похолодания, вызванного усилением аэрозольного загрязнения в результате деятельности человека и, соответственно, ослаблением приходящей солнечной радиации и, поэтому не разделяли мнение М.И.Будыко о будущем тренде глобального климата в сторону потепления. Различия ведущих ученых мира во взглядах на будущее климата показали

острую необходимость исследований влияния антропогенной деятельности на климат в ближайшем будущем. Таким образом, международный симпозиум по физической и динамической климатологии 1971 года стал важным событием в области изменения климата и адаптации к ожидаемым его изменениям.

М.И.Будыко продолжил исследования, стремясь найти подтверждение своей концепции влияния антропогенной деятельности на климатическую систему. В 1970-х гг. была создана группа ученых, которые на основе разработки методики расчета и картирования составляющих теплового баланса земного шара, продолжили свои исследования по проблеме изменения климата. Эта группа исследователей сформировалась во время работы М.И.Будыко в качестве директора Главной геофизической обсерватории (ГГО) и затем в 1975 г. перешла в Государственный гидрологический институт (ГГИ), где был создан отдел исследований изменений климата и влагооборота. Возникновение научного подразделения, целью которого было исследование антропогенных изменений климата, поддержал Ю.А.Израэль, который в это время возглавлял Государственный комитет по гидрометеорологии и контролю природной среды СССР и во многом разделял концепцию о возможности глобального изменения климата антропогенной природы и развивал идею о необходимости адаптации к новым климатическим условиям. За период 1975-2001 гг. отдел изменения климата и влагооборота ГГИ превратился в довольно сильное научное подразделение, которое занималось теоретическим исследованием изменения климата и практическим применением полученных результатов. В это время были подготовлены и опубликованы десятки статей и фундаментальные монографии по изменению климата и адаптации к этим изменениям: «Глобальная экология» (1977), «Климат в прошлом и будущем» (1980), «Эволюция биосферы» (1984), «История атмосферы» (совместно с А.Б. Роновым, и А.Л. Яншиным, 1985), «Глобальные климатические катастрофы» (соавторы Г.С. Голицын и Ю.А.Израэль, 1986).

«Наиболее актуальный вопрос, связанный с повышением содержания углекислоты в атмосфере в современную эпоху, заключается в оценке влияния сравнительно быстрых изменений концентрации углекислоты на климатические условия. Имеются данные, показывающие, что такие изменения уже заметные через несколько десятилетий могут оказать заметное влияние на морские полярные льды и на климатические условия высоких и отчасти умеренных широт» [с.32, 2]. Приведенные выдержки из работ показывает, как точно ученый предвидел будущее. Идея, предложенная М.И. Будыко, о влиянии изменений концентрации углекислого газа на термический режим атмосферы полностью подтвердилась, а прогноз прекрасно оправдался в начале XXI столетия [1].

Согласно записям семинаров отдела изменения климата и влагооборота [7], можно воспроизвести картину развития и формирования концепции глобального антропогенного изменения климата и адаптации к ним. Наиболее важными проблемами являются связь между изменением климата и производством продукции сельского хозяйства, влиянием изменения осадков на урожай, влиянием на водные ресурсы и гидрологический режим водных объектов суши и др. На семинарах обсуждалась варианты решения этих проблем, реальность постановки задачи и построения численных моделей [7]. «Нет сомнения в том, что обсуждаемая тема важна, но нужно уже сейчас определить конкретного потребителя этих результатов, провести экономические расчеты, поскольку это представляет интерес для широкого круга потребителей» [7]. Не менее важными проблемами, которые обсуждались на семинарах, являются проблема вечной мерзлоты и ее влияние на современный климат на континентах, положительные и отрицательные моменты, возникающие в связи с изменением вечной мерзлоты в регионах, проблема аэрозоля и его роли в колебаниях климата и в управлении глобальным климатом и др.

В конце 1970-х начале 1980-х гг. была проведена серия совместных научных совещаний ученых социалистических стран и СССР, посвященные проблемам антропогенного изменения климата и советско-американских конференций и симпозиумов, связанных с работой «климатической» рабочей группы (РГ-8), сопредседателем которой с 1972 г. был М.И.Будыко. Международные конференции и симпозиумы по изменению климата проводились практически ежегодно в разных регионах: в Ташкенте (1976), в Ленинграде (1977), в Душанбе (1978), в Тбилиси (1979), в Ленинграде (1981) и за рубежом. Каждая из конференций по изменению климата имела актуальную научную тематику международного сотрудничества и в них участвовали ученые и специалисты крупнейших научно-исследовательских учреждений СССР. Так, симпозиум в Ташкенте был посвящен моделированию колебаний климата, в Ленинграде – структуре современного климата и его изменениям, в Душанбе – проблемам углекислого газа и климата, в Тбилиси – моделированию климата, климатическим изменениям и статистической обработке данных (более подробная информация содержится в текстах семинарах [7]). Успешная деятельность «климатической» рабочей группы (РГ-8) инициировала программу международного сотрудничества в области изменения климата, чем предопределили направление действий ООН по окружающей среде [4].

В 1988 году решением ООН по окружающей среде была создана постоянно действующая международная организация – Межправительственная группа экспертов по изменению климата / Intergovernmental Panel on Climate Change (МГЭИК/ИПСС) под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО). Целью работы МГЭИК была оценка риска глобального изменения климата, вызванного техногенными факторами (действиями человека) и социально-экономических последствий его воздействий на устойчивое развитие, региональные изменения и разработка мер по адаптации и смягчению этих воздействий. МГЭИК принадлежит особая роль в формировании глобальной климатической политики. За время своей деятельности с 1988 по настоящее время МГЭИК опубликовала 6 Оценочных Докладов об изменении климата и его последствиях [8]. В Докладах выявлены антропогенные и естественные изменения состояния окружающей среды, дана оценка возможности адаптации к фактическим и ожидаемым изменениям климата, разработаны и намечены меры для приостановки дальнейшего роста температуры земной поверхности. Таким образом, изменение состояния окружающей природной среды стало одной из важнейших проблем XXI века. Концепции глобального изменения климата, зародившись в рамках научного исследования, превратилась в комплексную проблему устойчивого развития, которая оказывает влияние на жизни людей, на состояние животного и растительного мира во всех регионах планеты, а некоторые последствия станут ощутимой угрозой для благополучия населения и устойчивого развития.

Первым международным соглашением, принятым на основании результатов деятельности МГЭИК и Рамочной конвенции ООН, стал Киотский протокол (1997 г.). Согласно документу все страны были обязаны сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов (углекислого газа, метана, фторуглеродов, фторуглеродов, закиси азота, гексафторида серы) на период 1 января 2008 г. по 31 декабря 2012 г. Действие Киотского протокола несколько раз продлевали, а в 2017 г было подготовлено и принято Парижское соглашение, в основу которого заложена концепция нахождения баланса между снижением выбросов и объемами финансовой помощи для развивающихся стран. Согласно соглашению, чтобы избежать потерь и ущерба в результате воздействий изменения климата, страны должны предпринимать действия по сохранению и увеличению различных поглотителей и накопителей (включая леса) за счет развитие сектора возоб-

новляемой энергетики, широкого распространения мер углеродного регулирования и низкоуглеродной экономики.

Первым политическим документом в России в области изменения климата стала Экологическая доктрина (распоряжение правительства РФ от 31 августа 2002 года) действующая без изменений и в настоящее время. Однако вопросам изменения климата в Экологической доктрине был посвящен всего один пункт. В 2009 г. была принята первая Российская Климатическая доктрина, в которой изложены принципы действий по проблеме изменения климата, признана роль антропогенного воздействия на климатическую систему, оценены отрицательные и положительные воздействия на здоровье населения, экономику и природу страны. Доктрина была основана на фундаментальных и прикладных научных знаниях в области климата. Документ содержит 19 страниц и 6 разделов, содержащих 44 пункта. Климатическая доктрина подчеркивает необходимость как адаптации к изменениям климата, так и снижения выбросов парниковых газов, причем одновременно всеми крупнейшими странами, что способствует решению этой важной глобальной проблемы. В 2023 году была утверждена обновленная Климатическая доктрина, которая сменила документ 2009 года [3]. В новой доктрине, которая содержит 21 страницу, 5 разделов и 70 пунктов, в отличие от документа 2009 года, учитываются стратегические ориентиры РФ и содержатся целевые показатели. Доктрина 2023 года является основой формирования и реализации политики в области климата. Основной целью доктрины является достижение Россией углеродной нейтральности- равновесия выбросов и поглощений CO₂ – к 2060 году [3].

В 2013 г. Министерство экономического развития представило прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г. [4]. В 2019 году был утвержден Правительством РФ Национальный план мероприятий по адаптации к изменениям климата (Распоряжению правительства РФ от 2.12.2019 №3183-р), который включал 3 этапа: первый этап 2020- 2022 гг.; второй этап 2023-2025 гг.; третий этап 2026 – 2028 гг. (Распоряжение Правительства РФ от 11 марта 2023 г. № 559-р).

На XXIII Международном экологическом форуме «День Балтийского моря», который прошел в Санкт-Петербурге в 2023 г., были представлены результаты разработки отраслевых и региональных планов адаптации к изменениям климата в России. Пилотными регионами стали Республика Крым, Ямало-Ненецкий АО и Сахалинская область. По состоянию на 17.03.2023 40 регионов приняли планы адаптации к изменениям климата, 10 районов продолжают разработку и 3 региона имеют наработки для дальнейшей актуализации. Планы адаптации к изменениям климата включают совершенствование механизма страхования с учетом рисков стихийных бедствий, создание и внедрение новых технологических решений, направленных на изучение климата, формирование перечня лучших практик по адаптации отраслей экономики к климатическим изменениям, мониторинг и оценку эффективности адаптационных мер. Согласно результатам исследований уязвимыми к изменениям климата отраслями являются сельское и лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство; добыча полезных ископаемых; обрабатывающие отрасли; обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха. До конца 2025 года намечено создание специального информационного ресурса со сценариями изменения климата на территории России. Портал поможет проводить оценку возможного экономического ущерба от климатических воздействий и составлять сводный перечень климатически уязвимых объектов.

На круглом столе в ходе XXIII Международного экологического форума «День Балтийского моря» обсуждались лучшие практики по адаптации к изменениям климата.

Это были сообщения о реализации государственных программ в Москве, Ростове на Дону и Санкт-Петербурге и др.

Разработка проекта по адаптации к климатическим изменениям на Международном экологическом форуме была представлена представителем мэрии г. Москва. Несмотря на активное развитие города, рост индекса промышленного производства, увеличение объемов вводимой недвижимости, было достигнуто существенное снижение выбросов парниковых газов: на 18% от уровня 2013 года. Из разработанных сценариев адаптации для столичного региона выбран наиболее эффективный сценарий, основанный на оценке уязвимости экономики и городского хозяйства к климатическим изменениям, предложены и обоснованы меры адаптации (теплоэнергетического, коммунального комплексов, насаждения и зеленый фонд). Для обсуждения вопросов устойчивого развития был организован информационный ресурс «Климатическая платформа» ([climate-change.moscow.](http://climate-change.moscow)), который представляет собой социальную сеть для обсуждения проблем адаптации к изменению климата. В работе платформы участвуют эксперты, публикуются аналитические и научные статьи, предлагаются эффективные решения.

Для адаптации Ростовской области к изменениям климата были использованы оценки наблюдаемых и прогнозируемых изменений климата на середину и конец XXI века, проведено районирование области по величине погодно-климатических рисков, разработаны и обоснованы 38 мероприятий, направленных на адаптацию экономики, сельского хозяйства и социальной сферы области.

Для Санкт-Петербурга отмечено, что за последние 20-30 лет климат изменился от переходного континентального к морскому типу и стал приобретать черты, свойственные некоторым приморским городам юга Европы. Основные экологические последствия изменения климата для Санкт-Петербурга связаны с увеличением на 15-20% объема загрязненных вод ливневого поверхностного стока с улиц и площадей города, подъемом уровня воды в Балтийском море и подтоплением. Наиболее уязвимые к изменениям климата территории для промышленной инфраструктуры Санкт-Петербурга и окрестностей располагаются вблизи побережий восточной части Финского залива, участки песчаных пляжей, не защищенные природные территории (заказник «Западный Котлин», памятник природы «Комаровский берег», «Поляна Бианки» и др.) В зоне особого внимания из-за специфики повторяемости паводков – Нижнесвировский заповедник.

Приведенные примеры позволяют утверждать, что Национальный план мероприятий адаптации к изменениям климата Минэкономразвития РФ успешно развивается:

- для 40 регионов РФ приняты планы и разработаны сценарии адаптации, выбраны наиболее эффективные сценарии адаптации, разработана система мероприятий по адаптации к изменениям климата, 10 районов продолжают их разработку;
- выявлены уязвимые к изменениям климата отрасли хозяйства и наиболее уязвимые к изменениям климата территории России, проведена оценка уязвимости экономики и городского хозяйства к климатическим изменениям.

Из всего выше сказанного можно сказать, что за последние 50 лет концепция глобального изменения климата и адаптации к экологическим и социально-экономическим его последствиям была признана, пройдя путь от гипотезы, научного исследования до основы для формирования и реализации политики в области климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борзенкова И.И. Академик Михаил Иванович Будыко – основоположник физической климатологии. К 100-летию со дня рождения (20.01.1920-10.12.2001) // Фонда-

- ментальна и прикладная климатология. – 2019. – Т. 4. – С. 5-29.
2. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 470 с.
 3. Климатическая доктрина РФ. 2023. Распоряжение президента РФ от 26.10.2009 № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации»
 4. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Минэкономразвития России. – Москва, 2013. www.economy.gov.ru
 5. Man's Impact on the Global Environment. – The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, 1970. – 289 p.
 6. Inadvertent Climate Modification (SMIC), Cambridge, Massachusetts and London: MIT, – 1971. – 306 p. (Русск. Пер.: Непреднамеренные воздействия на климат. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 260 с.)
 7. <https://blog.limit.ru> Хроника концепции глобального изменения климата (с 1973 по 1985 гг.)
 8. <https://ipcc.ch/report/srcc> IPCC Sixth Assessment Report, 20к 19.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЫ НА ПРИМЕРЕ ПУНКТА ВОРОНЕЖ

В.С. Балакин, Ю.В. Шипко, Н.В. Зиброва, О.В. Колычев
yshipko@mail.ru

ЦНИИ ВВС Минобороны России, г. Щелково, Россия

В число задач метеорологического обеспечения государственной и гражданской авиации входит изучение и обобщение климатических характеристик районов аэродромов, маршрутов полета. Согласно требованиям руководящих документов [4, 5] метеорологические подразделения разрабатывают авиационно-климатические описания, справки, сводки – справочные пособия, предназначенные для учета местных климатических особенностей при планировании полетов и проведении других мероприятий. При их составлении должны найти отражение не только климатические условия приземного слоя, но и свободной атмосферы (на высотах полетов).

Следует отметить, что, во-первых, ресурс климатических характеристик свободной атмосферы ограничен данными по небольшому числу аэрологических станций. Во-вторых, доступная климатическая информация не всегда соответствует предъявляемым к ней требованиям: по составу, пространственно-временному масштабу, точности, оперативности и форме представления. В-третьих, в настоящее время характер этой информации (в основном) таков, что ее источниками являются справочники по климату и аэроклиматические атласы, разработанные более 30 лет назад. С учетом современных климатических изменений использование этих материалов не дает реальной картины распределения исследуемых характеристик атмосферы.

Объект исследования в данной работе – климатические условия пограничного слоя и свободной атмосферы планеты. Научной задачей исследования является разработка взаимосвязанной совокупности методик, архивных данных, алгоритмов и программного обеспечения расчета и представления специализированной климатической информации свободной атмосферы при метеорологическом обеспечении авиационного потребителя в любом регионе планеты. Программные модули построены на языке программирования

Python [1].

Исходной информацией для расчета климатических показателей свободной атмосферы являются данные реанализа NCEP/DOE AMIP-II [7]. Используются файлы 20-летнего периода (2004–2023 гг.).

В данной работе при анализе характера вертикального распределения метеорологических величин рассматриваются примеры автоматизированного расчета и отображения климатических показателей по станции Воронеж, индекс ВМО 34123; 51,6 северной широты, 39,2 восточной долготы.

При анализе ветрового режима рассчитываются климатические показатели на стандартных изобарических уровнях от 1000 до 10 гПа: средней скалярной скорости ветра; средней максимальной скорости ветра; повторяемости сильных ветров (свыше 100 км/ч); повторяемости направлений ветра – розы ветров (рис. 1–3).

Как отражено на рисунке 1, на высотах 20–30 км в рассматриваемом районе пункта Воронеж имеет место стратосферное западное (зимнее) струйное течение [3], повторяемость скорости ветра свыше 100 км/ч составляет 50–80 %. Тропосферное струйное течение умеренных широт [3] отмечается зимой и летом на высотах 10–14 км (рис. 1, 2).

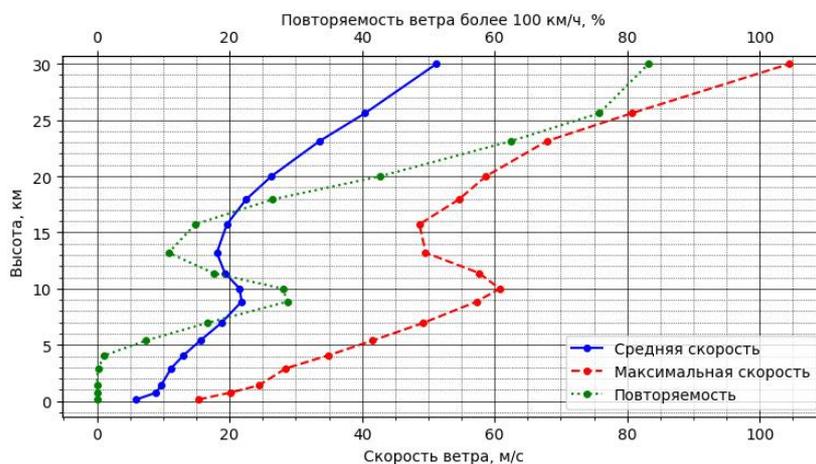


Рис. 1. Распределение климатических показателей режима ветра по высотам (ст. Воронеж, январь, 2004–2023 г.)

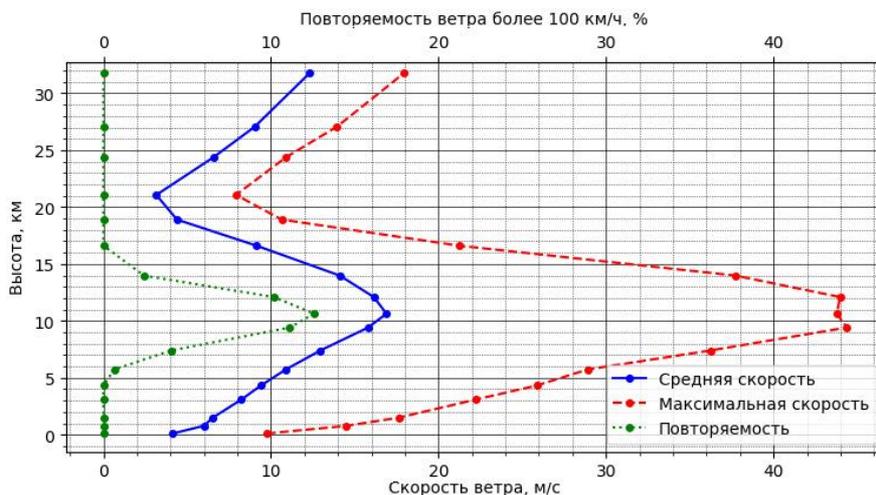


Рис. 2. Распределение климатических показателей режима ветра по высотам (ст. Воронеж, июль, 2004–2023 г.)

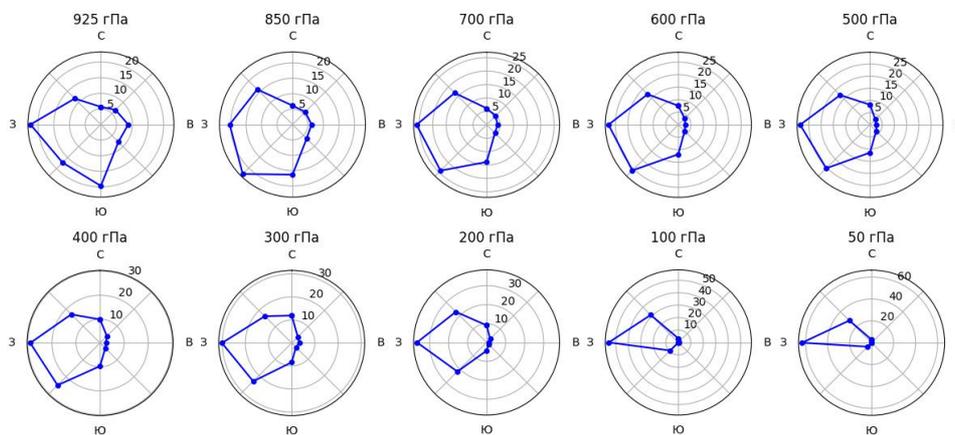


Рис. 3. Розы ветров на стандартных изобарических уровнях (ст. Воронеж, январь, 2004–2023 г.)

Предусматривается расчет специализированных климатических показателей температурного режима на высотах, в том числе высоты нижней границы тропопаузы (например, рис. 4).

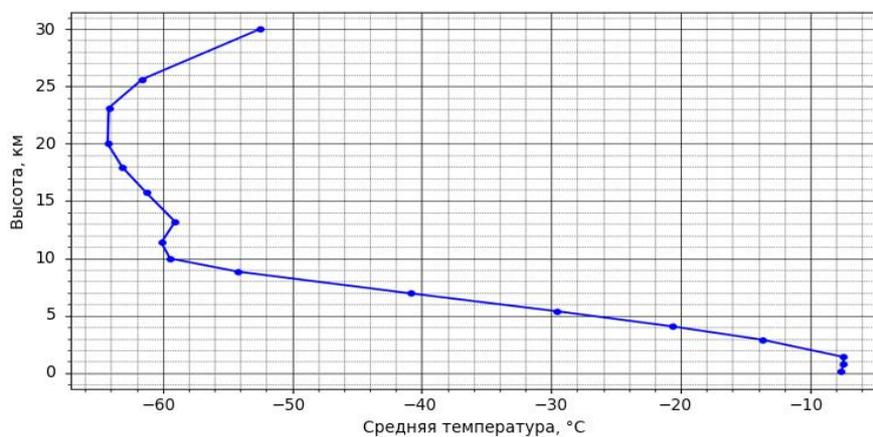


Рис. 4. Вертикальное распределение средней температуры воздуха (ст. Воронеж, январь, 2004–2023 г.)

При разработке климатического описания в разделе синоптико-климатической характеристики района аэродрома (базирования) используется информация о ближайших центрах действия атмосферы. Разработанный программный комплекс позволяет в автоматизированном режиме представить графическую информацию о преобладании в определенном районе барических объектов атмосферы одного и того же знака за определенный месяц (например, для января – рис. 5).

Разработанный программный комплекс может быть использован и в целях исследования происходящих климатических изменений. Например, известно пространственное распределение локальных коэффициентов линейного тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) приземной температуры по данным наземных станций [6]. Однако для состояния окружающей среды большое значение имеют не плавные изменения температуры, а возникновение климатических и погодных контрастов, приводящих к возникновению экстремальных ситуаций. В этой связи следует обратить внимание на показатели вариации, например, отмечается, что климатические вариации температуры поверхности океанов в тропических широтах значимо влияют на климатический режим внетропических широт и земной

климатической системы в целом [2].

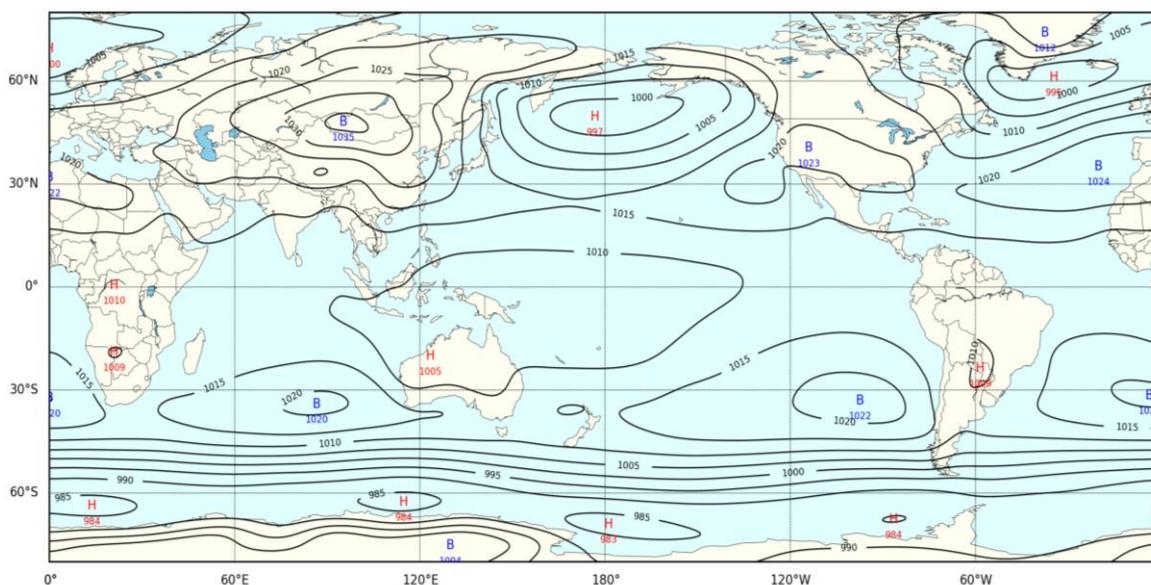


Рис. 5. Распределение среднего атмосферного давления на уровне моря (январь, 2004–2023 г.)

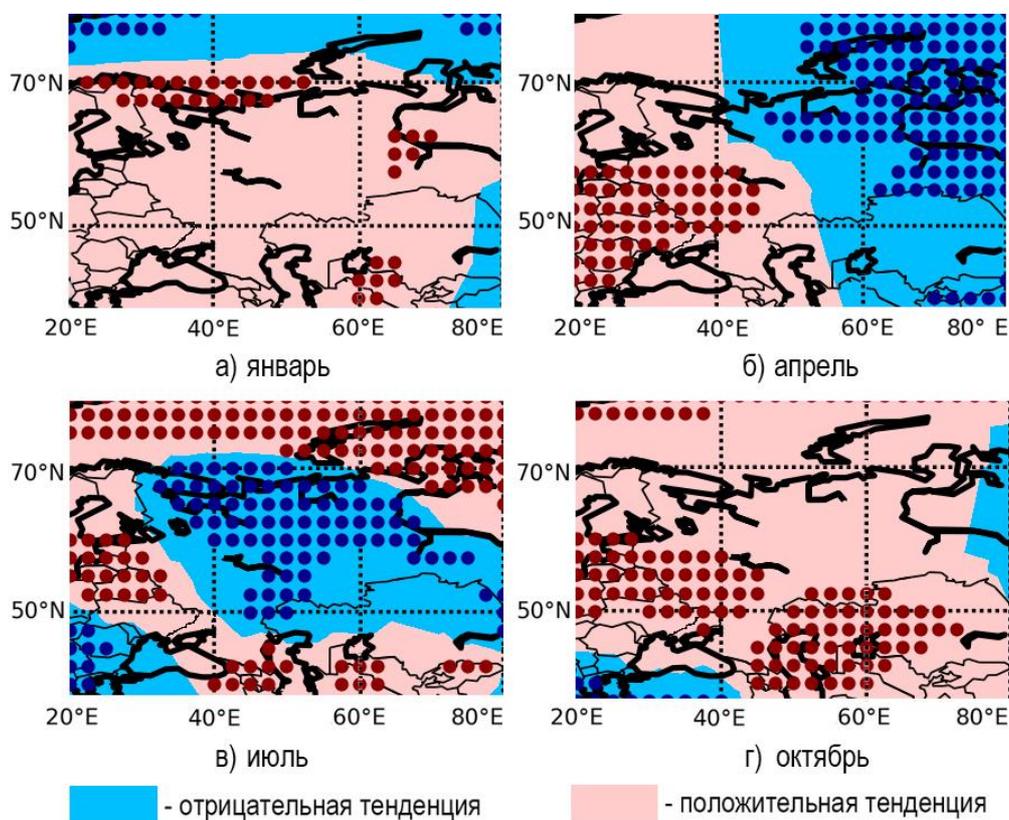


Рис. 6. Распределение тенденции среднего квадратического отклонения температуры воздуха в скользящих 10-летних периодах (уровень 850 гПа, 2004–2023 г.)

Проведена оценка динамики вариации температуры воздуха на определенном изобарическом уровне в виде расчета (для каждого узла регулярной сетки с шагом $2,5^\circ$ по

широте и долготе) средних квадратических отклонений за 10-летние скользящие периоды (заданного месяца) и построения по ним аппроксимирующих линейных трендов.

На рисунке 6 представлены пространственные распределения (для территории Российской Федерации) оценки среднего квадратического отклонения температуры воздуха на изобарическом уровне 850 гПа в центральные месяцы сезонов, где разным цветом отмечены районы, различающиеся знаком локальных коэффициентов трендов, кроме того, точками выделены узлы сетки, для которых коэффициент детерминации линейного тренда $R^2 > 0,7$.

При анализе динамики (в хронологии) вариации температуры воздуха важно учитывать следующее положение: положительная тенденция среднего квадратического отклонения указывает на усиление аномальности температурного режима; отрицательная – позволяет полагать о стабилизации процесса: роста или снижения средней температуры (чем меньше дисперсия, тем ближе значения температуры к величине средней).

Как показано на рисунке 6, в районе Воронежской области значимые тренды ($R^2 > 0,7$) роста дисперсии температуры воздуха имеют место весной и осенью (рисунки 6б, 6г). Зимой и летом тенденции не значимы. Таким образом, приведенное распределение трендов дисперсии температуры воздуха существенно дополняет анализ пространственного распределения трендов средней температуры [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированный расчет и представление специализированных авиационно-климатических показателей свободной атмосферы в заданном районе планеты: Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022618577/ В.С. Балакин, Ю.В. Шипко, О.В. Колычев, И.Е. Кузнецов; дата гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ 12 мая 2022 г.
2. Мохов И.И., Смирнов Д.А. Оценки взаимного влияния вариаций температуры поверхности Тихого, Атлантического и Индийского океанов в тропических широтах по долгопериодным рядам данных// Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2017. – Т. 53, № 6. – С. 699–709.
3. Пинус Н.З., Шметер С.М. Аэрология. Часть II: Физика свободной атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 352 с.
4. РД 52.21.692–2007. Требования к составлению климатического описания аэродрома. – М.: Росгидромет, 2007. – 37 с.
5. Руководство по практическим работам метеорологических подразделений авиации Вооруженных Сил. – М.: Военное издательство, 1992. – 488 с.
6. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации/ Под ред. В.М. Катцова; Росгидромет. – СПб.: Научные технологии, 2022. – 676 с.
7. NCEP/DOE AMIP II Reanalysis [Электронный ресурс]. – URL: <http://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.pressure.html> (дата обращения: 20.05.2024).

МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЛУОСТРОВА ИНДОКИТАЙ ПО СОВРЕМЕННЫМ ДАННЫМ

Т.Д. Буи, В.П. Закусиллов
zakusilov04@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Все погодообразующие процессы, развивающиеся в атмосфере, происходят при затрате огромного количества энергии. Единственным, практически неисчерпаемым источником при этом является поток солнечной радиации. Именно он является ведущим фактором, формирующим температурный режим подстилающей поверхности конкретного физико-географического района, который играет ведущую роль в развитии процессов как локального уровня, так и глобальных процессов в атмосфере. Именно температура воздуха в первую очередь определяет глобальное изменение климата в сторону его потепления, что в конечном итоге, по мнению многих ученых, обуславливает увеличившееся в настоящее время количество стихийных бедствий гидрометеорологического характера. В связи с этим изучение и уточнение температурного режима воздуха как в целом на планете, так и в отдельных ее регионах является задачей актуальной.

Целью работы является анализ, по уточненным современным данным, температурного режима на территории полуострова Индокитай, наблюдаемого в месяцах сухого и влажного сезонов.

В качестве исходных данных использовалась архивная выборка среднемесячных значений температуры воздуха в узлах регулярной сетки точек с шагом $2,5^0 \times 2,5^0$ по данным реанализа NCEP/DOEAMIP-II Reanalysis [1] в секторе с широтой $7,5^0 - 25,0^0$ с.ш., $92,5^0 - 110,0^0$ в.д., охватывающем территорию полуострова. Архивная выборка охватывала период с 2008 по 2022 год, ее длина составила 15 лет.

Полуостров Индокитай расположен в юго-восточной Азии, на его территории расположены государства частично Мьянма, Таиланд, Камбоджа, Лаос, Вьетнам. На западе полуостров омывается водами Индийского океана (Андаманское море), на юге и востоке – водами Тихого океана (Сиамский залив, Китайское море) [2].

По западной окраине полуострова протянулись хребты Араканских гор (Аракан-Иома), продолжающиеся на юге в виде Андаманских и Никобарских островов и горных цепей Суматры и Явы. Араканские горы представляют собой систему параллельных хребтов, высота на всем протяжении колеблется в пределах 3000-3300 м, а на севере достигает 3830 м. С востока к хребту Аракан-Иома прилегает хребет Ракхайн (до 3053 м), за которым простирается пересеченная Иравадийская равнина.

Северная часть полуострова занимает Шанское нагорье. В рельефе преобладают платообразные поверхности, чередующиеся с более высокими хребтами. К югу от Шанского нагорья горы центрального пояса тянутся единым хребтом, переходящим на полуостров Малакку. Западнее располагается Менамская низменность.

Вдоль восточного побережья полуострова протянулась система Аннамских гор, которая соединяется с центральным поясом в Шанском нагорье. Наибольшего развития система достигает в северной части, к которой приурочены максимальные высоты (гора Фаншипан, 3143 м).

Индокитай расположен в субэкваториальном и экваториальном климатических поясах [2]. Зимой господствует северо-восточный пассат. Индокитай подвергается вторже-

ниям зимой относительно холодного континентального воздуха, проникающего вплоть до 15° с. ш. В связи с этим январские температуры на равнинах севера не превышают +16°С, увеличиваясь до 21-23°С на юге. Июльские температуры различаются не столь существенно, составляя 25-28°С.

Основную массу осадков приносят юго-западные экваториальные муссоны. Годовое количество осадков на побережье составляет 3000 мм, снижаясь во внутренних районах до 1000 мм.

Индокитай изобилует полноводными реками, имеющими муссонный режим. Крупнейшие реки (Меконг, Иравади, Салуин) текут в тектонических впадинах, а в устьях образуют обширные дельты. Максимальные уровни воды отмечаются летом, межень приходится на конец апреля, когда пассатная циркуляция сменяется муссонной (сезон жары). Крупнейшее озеро полуострова – Тонлесап.

Индокитай – страна лесов. Преобладают влажные вечнозеленые леса с большим разнообразием видового состава. В верхних частях гор растут широколиственные листопадные деревья. Для прибрежных районов характерна мангровая растительность.

За каждый календарный месяц, в обозначенных узлах регулярной сетки, при проведении исследования, были сформированы ряды значений средней месячной температуры воздуха, представленные в виде матрицы, вектор-столбец которой описывает значения рассматриваемого параметра в различных узлах в конкретный момент времени, вектор-строка характеризует значения рассматриваемого параметра в конкретном узле в различные моменты времени:

$$\begin{matrix} T_{1,1}, \dots, T_{1,2}, \dots, T_{1,j}, \dots, T_{1,15} \\ T_{2,1}, \dots, T_{2,2}, \dots, T_{2,j}, \dots, T_{2,15} \\ \dots \\ \overline{T}_{i,j}^m \sim \dots \\ \dots \\ T_{i,1}, T_{i,2}, \dots, T_{i,j}, \dots, T_{i,15} \\ \dots \\ T_{64,1}, T_{64,2}, \dots, T_{64,j}, \dots, T_{64,15} \end{matrix} \quad (1)$$

где $\overline{T}_{i,j}^m$ – среднее месячное значение температуры воздуха конкретного q -го месяца; i – порядковый номер узла регулярной сетки; j – порядковый номер рассматриваемого месяца в выборке.

Расчет климатических средних месячных значений температуры воздуха производился по формуле [3]:

$$\overline{T}_{m,j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \overline{T}_i \quad (2)$$

где: m – номер месяц ($m = 1, 2, \dots, 12$); j – номер узла сетки ($j = 1, 2, \dots, 64$); i – порядковый номер года ($i = 1, 2, \dots, 15$).

Расчет средних сезонных значений температуры воздуха в узлах сетки производился путем осреднения средних значений температуры по месяцам, входящим в соответствующий

сезон по формуле [3]:

$$\overline{T}_{m^*,j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N^*} \overline{T}_i \quad (3)$$

где: m^* – сезон; $N^* = i \times n$; n – количество месяцев в сезоне.

Средние величины играют особую роль в статистическом исследовании. Это определяется задачей статистики – выявлением закономерностей массовых проявлений какой-либо величины, явления, процесса и т.д. Средние величины являются основой для определения различных нормативов. В работе проведен расчет средних месячных (за весь год) значений температуры воздуха, по которым построены сезонные (сухого и влажного) поля. Сухой сезон включал в себя период с ноября по май, влажный – с июня по октябрь.

На рисунке 1 приведены уточненные (по данной архивной выборке) климатические карты значений температуры воздуха в сухом сезоне и, для сравнения, средних значений температуры сезонных среднего месяца (февраль) сухого сезона. На рисунке 2 климатические карты значений температуры воздуха во влажном сезоне и, для сравнения, средних значений температуры среднего месяца (август) влажного сезона.

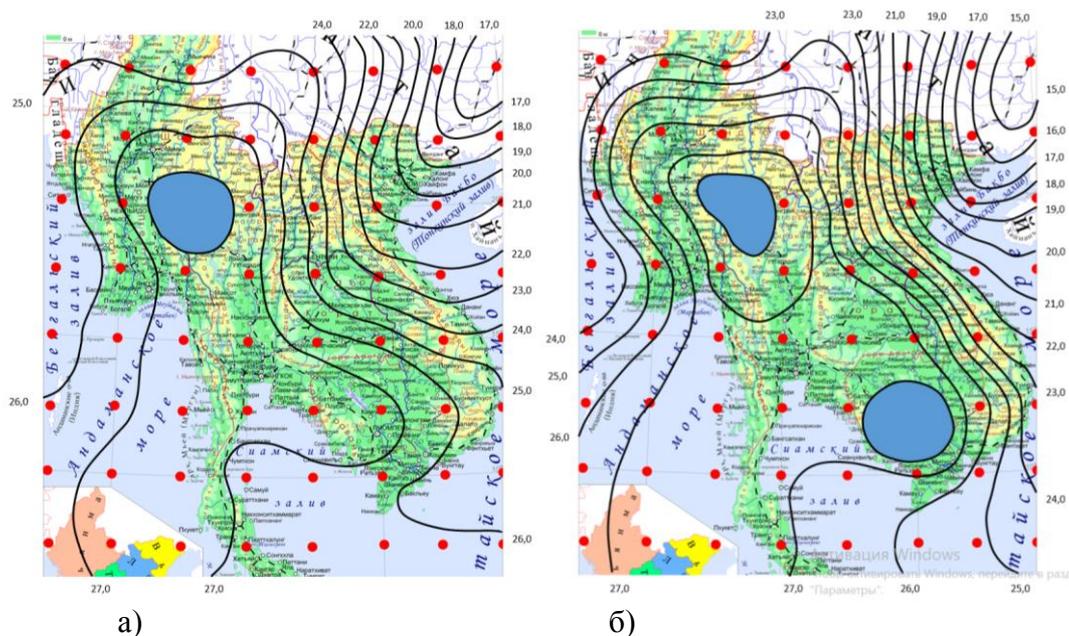


Рис. 1. Карта средних значений температуры воздуха для:
а) сухого сезона; б) среднего месяца (февраль) сухого сезона

Из анализа рисунка 1 (а) следует, что в сухом сезоне полоса экстремально-максимальных значений температуры воздуха простирается с северо-запада на юго-восток территории полуострова, с максимальными значениями на северо-западе – около $+29^{\circ}\text{C}$, второй очаг на юго-востоке со значением чуть более $+27^{\circ}\text{C}$. Экстремально-минимальные значения температуры воздуха наблюдаются на северо-востоке полуострова и составляют $+20$ - $+22^{\circ}\text{C}$. Таким образом контраст температур на рассматриваемой

территории составляет до 7°C . Данное климатическое распределение среднесезонной температуры воздуха подтверждается картой средних месячных значений температуры воздуха центрального месяца сухого (февраль) сезона (рис. 1, б).

На данной карте местоположение очагов экстремальных значений сохраняется, однако интенсивность их усиливается: максимальные значения в соответствующих очагах составляют около $+30^{\circ}\text{C}$ и $+28^{\circ}\text{C}$, минимальные – $+18^{\circ}\text{C}$ – $+20^{\circ}\text{C}$ соответственно. Контраст температур на рассматриваемой территории соответственно увеличивается до 12°C .

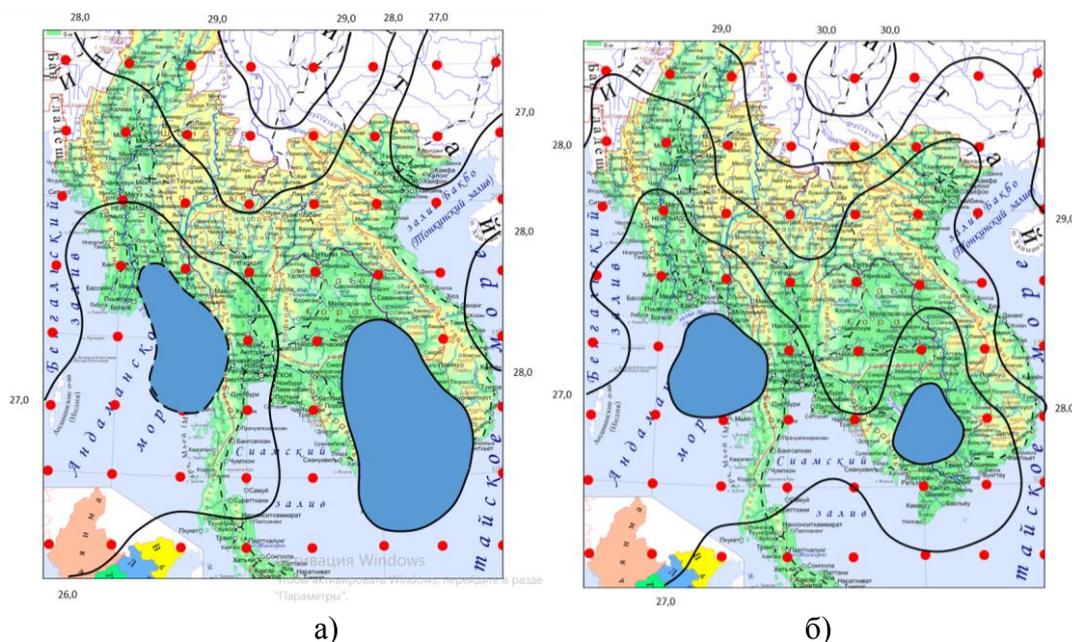


Рис. 2. Карта средних значений температуры воздуха для:
а) влажного сезона; б) среднего месяца (август) влажного сезона

Из анализа рисунка 2 (а) следует, что во влажном сезоне поле среднесезонных температур на территории полуострова достаточно ровное. Несколько выше отмечаются температуры на северо-западе территории (28 – 29°C), ниже – в юго-восточной части и на юго-западном побережье полуострова (26 – 27°C). Таким образом контраст температур на рассматриваемой территории составляет не более 3°C . Данное климатическое распределение среднесезонной температуры воздуха подтверждается картой средних месячных значений температуры воздуха центрального месяца влажного (август) сезона (рис. 2, б). На данной карте местоположение областей относительного тепла и холода и их интенсивности, а соответственно контраст температур на рассматриваемой территории примерно сохраняются.

Проводя сравнительный анализ рисунков 1а, 2а можно сделать общий вывод, что в климатических полях средних месячных значений температуры воздуха, характерных для сухого и влажного сезонов имеются свои характерные особенности, проявляющиеся в значениях температуры и местоположении очагов с максимальными и минимальными ее значениями. Данные особенности более выражены для сухого сезона, чем для влажного.

ЛИТЕРАТУРА

1. NCEP/DOE AMIP II Reanalysis [Электронный ресурс]. – URL: [http:// www. cdc. noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis2.html](http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis2.html) (дата обращения: 13.11.2014).

2. Власова Т.В. и др. Физическая география материков и океанов: учебное пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 640 с.

3. Елисеева И. И., Егорова И.И. и др. Статистика. Учебник / под ред. И. И. Елисеевой. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2007. – 448 с.

ПОТОКИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В УРБОГЕОСИСТЕМЕ БЕЛГОРОДА

П.В. Голусов

goleusov@bsu.edu.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия*

В России формируется сеть карбоновых полигонов для мониторинга баланса углерода в экосистемах. При этом основное внимание уделяется природным зональным экосистемам, способным депонировать углерод в пулах биомассы растительности, мёртвом органическом веществе (торф), органическом веществе почв, донных отложениях и др. Однако на многих территориях степень антропогенного изменения такова, что баланс углерода существенно смещён в сторону эмиссии. В Белгородской области природные экосистемы не способны полностью компенсировать большой объём эмиссии парниковых газов. По предварительной оценке – лишь на четверть [1]. Эпицентрами выбросов являются города и крупные промышленные предприятия, такие, как горно-обогатительные комбинаты, ОЭМК. В этих условиях целесообразно исследовать углерод-депонирующую способность экосистем прямо в местах концентрированного выброса углекислого газа. Так возникла идея создания карбонового полигона в центре Белгородской агломерации, в ботаническом саду НИУ «БелГУ».

Карбоновый полигон НИУ «БелГУ» создан в 2022 г. на средства программы «Приоритет 2030». Измерения потоков углекислого газа проводятся с ноября 2022 г. с использованием оборудования станций eddy covariance, установленных на вышке высотой 48,6 м на двух уровнях: 10 м и 48 м. Нижняя станция позволяет оценить потоки углекислого газа на уровне насаждений ботанического сада НИУ «БелГУ», верхняя – потоки углекислого газа всей агломерации.

На рисунках 1 и 2 представлены результаты оценок среднемесячных потоков углекислого газа на станциях. Наиболее мощные эмиссионные потоки углекислоты формируются в осенний период и в отопительный сезон. При этом пик отопительного сезона не формирует максимальные потоки. Наибольший вклад делает осеннее усиление эмиссии, связанное с разложением органического вещества. Отрицательные потоки (поглощение) формируются в мае, в «разгар» вегетационного периода. При этом в мае 2024 г. отрицательными были среднемесячные потоки даже на высоте 48 м. Это подтверждает способность экосистем кратковременно «перекрыть» антропогенную эмиссию в городских условиях. При этом возрастает амплитуда колебаний концентрации углекислого газа и потоков. Хотя это явление наблюдается всего 1-2 месяца в году, очевидна необходимость более широкого использования озеленения городов для компенсации выбросов углекислого газа прямо в эпицентрах этого процесса.

Белгородский карбоновый полигон является первым звеном региональной системы мониторинга углеродного баланса. В дальнейшем предполагается создание аналогичных площадок на промышленных и сельскохозяйственных территориях.

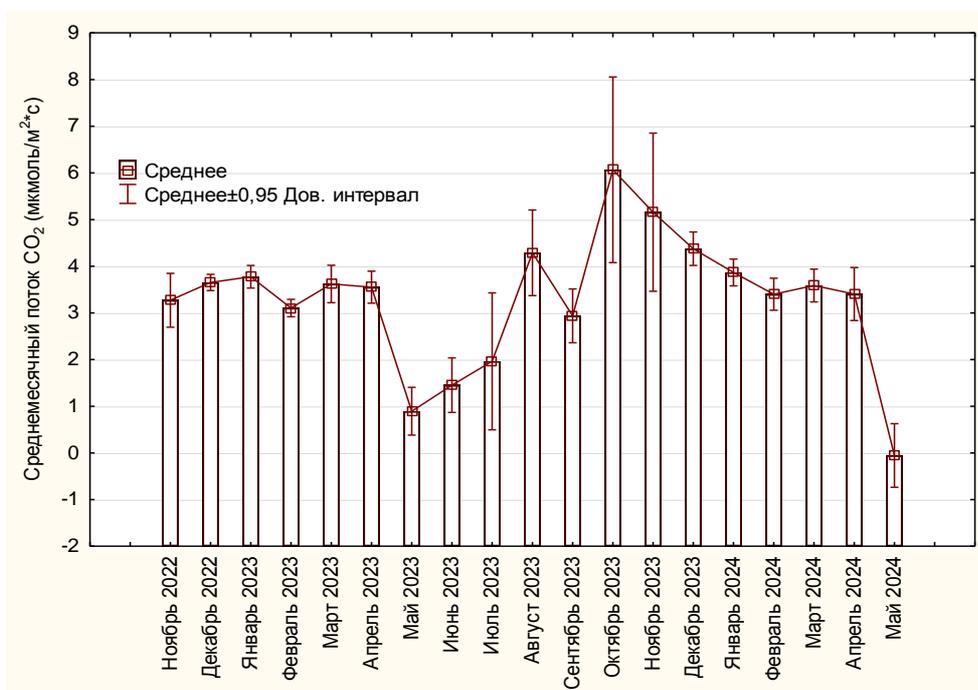


Рис. 1. Среднемесячные потоки углекислого газа в Белгороде за весь срок наблюдений (станция 48 м)

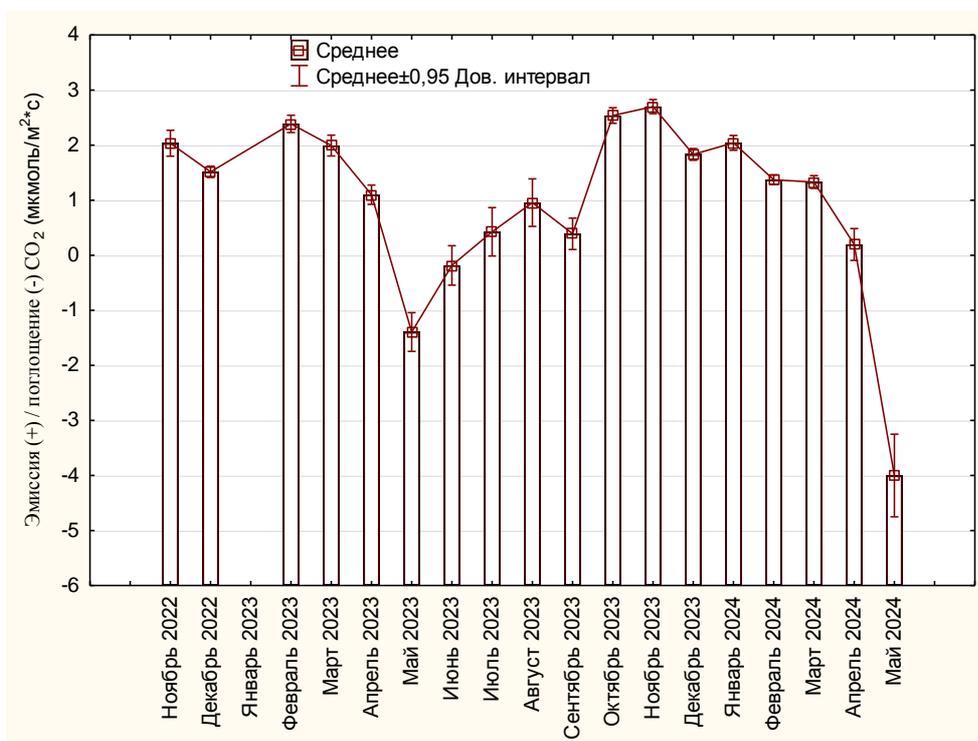


Рис. 2. Среднемесячные потоки углекислого газа на карбоновом полигоне НИУ «БелГУ» (станция 10 м)

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-17-00169 (<https://rscf.ru/project/23-17-00169/>)

ЛИТЕРАТУРА

1. Голуусов П.В. Предварительная оценка потенциала поглощения углекислого газа экосистемами Белгородской области // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 12. – С. 169-177; DOI: 10.17513/use.38188. – URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38188>. (дата обращения: 1.07.2024).

КРИТЕРИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ГОРНЫХ РЕК КАК РАННИЕ ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОГО СТРЕССА

Т.Л. Горбунова
tatianashaw@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Субтропический центр Российской академии наук», г. Сочи, Россия

Введение. Качество среды природных водоемов имеет первостепенное значение для экономики прилегающих территорий, потребляющих природную воду в пищевых, хозяйственных и рекреационных целях. Даже в малонарушенных высокогорных районах, гидробиоценозы подвержены стрессам, обусловленными антропогенными факторами, которые в комплексе с естественными геохимическими и биологическими процессами, приводят к изменениям характеристик водной среды: развитию эвтрофирования, закислению, изменению качественного и количественного состава живых сообществ [3].

Одним из критериев благополучия природного водоема и стабильности его экосистем является устойчивость его биоценозов к многообразному и комплексному воздействию природных и антропогенных факторов.

В ходе данной работы изучались критерии видового богатства, устойчивости и выравниваемости сообществ организмов макрозообентоса, свойственных геобиотопам исследуемых водотоков, расположенных на территории с интенсивным курортно-рекреационным развитием. Целью работы было изучение возможности использования этих параметров биоценозов горных водотоков для выявления и оценки ранних последствий в антропогенной нагрузке.

Материалы и методы. С июня по ноябрь отбирались пробы в ручьях Тобиас и Ржаном, являющихся притоками р. Мзымта и протекающими через территорию одного из самых популярных курортов на территории Большого Сочи, горного кластера «Красная Поляна». В ручье Тобиаса пробы отбирались на трех станциях верховье (2010 м над у. м.), среднее течение (960 м над у. м.) и устье ручья перед его впадением в р. Мзымта (500 м над у. м.) в пос. Эсто Садок. В ручье Ржаном пробы отбирались в его верховье вблизи водопада Поликария (1500 м над у. м. и в устье в пос. Роза Хутор.

В устьевых зонах ручьев отмечалась высокая техногенная нагрузка, где ручьи пересекают транспортные магистрали, частично русла ручьев зарегулированы в бетонный коллектор. В среднем течении ручьев антропогенная нагрузка связана, в основном, с рекреационно-туристской деятельностью на территории курорта «Красная поляна». Верховья водотоков ручья подвержены сравнительно небольшой антропогенной нагрузке, которая связана с пешеходным туризмом.

Пробы на всех станциях отбирались в сходных биотопах с поверхности камней, после чего в лаборатории проводилась их камеральная обработка согласно общеприня-

той методике [1].

Организмы зообентоса и перифитона определяли [4] и подсчитывали численность каждого вида и устанавливали долю каждого вида в пробе.

На основании этих данных были рассчитаны параметры, характеризующие биоразнообразие сообществ макрозообентоса: показатели видового разнообразия – индексы Маргалефа и Шеннона, обеспечивающие представление о видовом богатстве и α -разнообразии биологического сообщества и индекс Шеннона, оценивающий выравненность и степень устойчивости биоценоза [5], индексы Бергер-Паркера и Симпсона, используемые для оценки доминирования наиболее многочисленного (инд. Бергер-Паркера) и наименее представленного в исследуемом сообществе макрозообентоса (инд. Симпсона) вида и показатели численности организмов ЕРТ в биоценозе.

Исследование гидробиоценозов. По классификации Иллиеса и Чертопруда [6], биотопы ручьев Тобиас и Ржаного относятся к креноэпиритрали, что характерно для быстротекущих, склоновых ручьев, макрореокренов с каменистым дном. В таких водотоках развивается биоценоз, напоминающий ритральный, но обедненный по видовому составу. Для него характерны холодноводные организмы олигосапробной зоны с высокой чувствительностью к эвтрофикации. Однако, в обоих ручьях тип биотопа изменялся в устьях, где отмечалось заметное изменение природы донного субстрата – вместо наблюдаемых в верхних течениях известняков, туфов, диабаз, аргелитов, в основном дно образовано на этих участках твердым строительным мусором (обломки панелей, кирпича, черепицы и прочего). Ручьевые геобиоценозы там классифицируются как псефэпиритраль – биотоп с каменистым и галечным грунтом, сильно заиленным, с обильными обрастаниями зелеными нитчатыми водорослями и слизью, обрастания диатомовыми практически отсутствуют (Таблица 1). Также отмечено, что если в верхнем и среднем течениях водотоков температура воды остается относительно низкой даже в летнее время (июнь – сентябрь), то в устьевых зонах наблюдается ее повышение до 19⁰ С, что повышает вероятность биотрансформации поступающих в русло водотока растворенных примесей и приводит к вторичному загрязнению среды [7].

Значения индекса Шеннона указывают на относительно высокий уровень устойчивости сообществ в устьях ручьев, но этот показатель снижен по сравнению с аналогичными критериями в ритральных сообществах рек той же территории – рр. Лаура, Ачипсе, Ассара [2].

Возможно, это происходит как следствие сниженного видового разнообразия в ручьевых биоценозах высотных зон.

Биоразнообразие по Маргалефу выше в верховье руч. Ржаного, находящейся на отметке 1526 м над уровнем моря, чем на аналогичной станции руч. Тобиаса, расположенной на высоте 2010 м над уровнем моря. Пробы участков верхнего течения демонстрируют высокую степень выравненности по значениям индексов Симпсона и Бергер-Паркера, а доля отдельных доминирующих видов в сообществе невысока. В пробах обоих ручьев в их верховьях доминирующей группой гидробионтов были ручейники с незначительной долей плавающих поденок и веснянок (*Leuctra* sp.). Организмы ЕРТ, представляющие собой индикаторы чистой воды, составили более 50% от общей численности гидробионтов во все периоды отбора проб. На участке среднего течения руч. Тобиас наблюдалось снижение устойчивости и выравненности биологического сообщества, на что указывают уменьшение видового разнообразия и возрастание доли доминирующих видов. Снижалась и доля организмов ЕРТ в общей численности и видовом составе проб. Эти индикаторы можно считать ранними признаками изменения структуры гидробиоценоза под воздействием внешних факторов.

В устьях ручьев снижение уровня устойчивости и выравнивания биоценозов продолжалось. Рост значений индексов Симпсона и Бергера-Паркера говорит о значительном возрастании доли отдельных групп гидробионтов в биоценозе. Доминирующими видами на этих участках становятся устойчивые к загрязнению представители Diptera и Gastropoda. Доля организмов группы EPT снижена до 33,1% в ручье Тобиаса и 23,1% в ручье Ржаном.

Таблица 1
Характеристики биогеоценозов ручьев Тобиаса и Ржаного

Водный объект и его участок	Описание русел водотоков		Параметры биоразнообразия					
	Наличие обрастаний донного субстрата	Горные породы в русле	Индекс Шеннона	Индекс Маргаллефа	Индекс Симпсона	Индекс Бергер-Паркера	Доля организмов EPT в %	
							от общей численности организмов	от общего количества видов в пробе
Верховье руч. Тобиас, 2010 м н.у.м.	Заиление – 1. Обрастания диатомовыми на донном субстрате	Алевролиты, сланцы, пелитовые туфы	2,35	5,75	0,19	0,2	59,1	39,65
Верховье руч. Ржаной, 1526 м н.у.м.	Заиление – 2. Обрастания диатомовыми, незначительные обрастания зелеными нитчатыми водорослями	Алевролиты, сланцы, пелитовые туфы	2,14	8,56	0,15	0,25	55,75	42,4
Среднее течение руч. Тобиас, 993 м н.у.м.	Заиление – 2. Обрастания диатомовыми незначительны, зеленые нитчатыми водорослями преимущественно на известняках	Известняки, туфы, диабазы, аргелиты	2,11	4,4	0,21	0,3	45,2	37,5
Устье руч. Тобиас	Заиление – 4. Обильные обрастания зелеными нитчатыми водорослями, слизь, отложение детрита	Строительный мусор	1,98	3,67	0,31	0,37	33,1	22,5
Устье руч. Ржаной	Заиление – 3. Обильные обрастания зелеными нитчатыми водорослями, слизь, отложение детрита	Естественный субстрат минимален, строительный мусор	1,82	4,47	0,2	0,35	23,1	37

Кроме того, в процессе работы было отмечено, что различные организмы сообщества донного макрозообентоса предпочитают различные по геологическому определению субстраты. Например, некоторые виды ручейников (*Glossoma capitatum*, *Rhyacophila* sp.) предпочитают аргелиты, туфы и диабазы обломкам известняков, а ручейники

родов *Hydrosuch* sp. и *Limneaphilus* sp. не были избирательны к субстрату. Ручейники практически не заселяли искусственный субстрат (обломки кирпичей, бетона, черепицы и пр.)

Заключение. Выявлено, что биологические параметры, описывающие биоразнообразие сообществ макрозообентоса горных водотоков при комплексном антропогенном воздействии, могут быть надежными ранними индикаторами изменения состояния водной среды, являясь относительно недорогим и не требующим специального оборудования инструментом мониторинга.

Тип биотопа изменялся от верховьев к устьям, отмечалось заметное изменение природы донного субстрата – вместо наблюдаемых в верхних течениях известняков, туфов, диабаз, аргелитов, в основном дно образовано на этих участках твердым строительным мусором, что отражалось на качественно-количественном составе биоценозов макрозообентоса. Отмечено, что различные организмы сообщества донного макрозообентоса предпочитают различные по геологическому определению субстраты, особенно избирательными оказались некоторые виды ручейников, преимущественно, индикаторы ксено- и олигосапробных зон.

Благодарности. Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания ФИЦ СЦ РАН FGRW-2024-0004, №госрегистрации 124022000094-0492-2021-0015 «Эволюция окружающей среды и климата вследствие естественных причин и антропогенного воздействия»

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов. – Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
2. Гудкова Н.К. Идентификация экологических рисков, связанных с развитием рекреационно-туристических регионов Черноморского побережья Кавказа на примере комплексной оценки экосистемы горной реки Лаура / Н.К. Гудкова, Т.Л. Горбунова, А.Л. Любимцев // Устойчивое развитие горных территорий. – 2018. – Т. 10, № 1 (35). – С. 23-34. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-1-23-34.
3. Гудкова Н.К. Учет влияния геологических процессов бассейнов рек в интегрированном управлении водными ресурсами / Н.К. Гудкова, Н.И. Матова, Т.Л. Горбунова // Фундаментальные исследования. – 2021. – № 9. – С. 21-25.
4. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6-и т. / ред. С.Я. Цалолыхин. – Санкт-Петербург: Наука, 1997-2000.
5. Розенберг Г.С. Теоретическая и прикладная экология. / Г.С. Розенберг, Ф.Н. Рянский. – Нижневартовск: изд-во Нижневартовского педагогического института, 2005. – 292 с.
6. Чертопруд М.В. Разнообразие и классификация реофильных сообществ макрозообентоса / М.В. Чертопруд // Журнал общей биологии. – 2011. – Т. 72, № 1. – С. 51–73.
7. Beiras R. Biotransformation // Chapter 12 in Marine Pollution. Elsevier. 2018. Pp. 205 – 214. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813736-9.00012-X>.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

А.И. Груздев, В.В. Дроздов, В.А. Лобанов
gruzdev2542022@mail.ru

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*

В современный период по всему Миру, в том числе и в России [6] происходят климатические изменения, поэтому необходимо изучать и проводить оценку климатического состояния, не только всей климатической системы, но и различных регионов по отдельности. Изучение индивидуально взятых территорий, помогает тщательнее выявить особенности случающихся изменений и соединить полученную информацию воедино. На территории Северо-западного федерального округа Российской Федерации (СЗФО) расположены важнейшие административные и промышленные центры, имеющие общегосударственное значение. Поэтому изменения климата здесь, прежде всего в Мурманской, Архангельской, Ленинградской областях, и в областных центрах могут иметь весьма значительные последствия экологические и социально-экономические последствия [1,3–4].

Для проведения исследования нами сформирована региональная база данных многолетних рядов наблюдений продолжительностью, в среднем, 104 года с последним годом наблюдений 2024 г. по среднемесячной температуре воздуха, состоящая из 19 пунктов наблюдений. Период наблюдений неравномерен, так на станции Череповец – 53 года, где начало наблюдений в 1970 г., в пункте Архангельск около 145 лет [7].

Расположение метеостанций за рассматриваемой характеристикой приведено на рисунке 1.

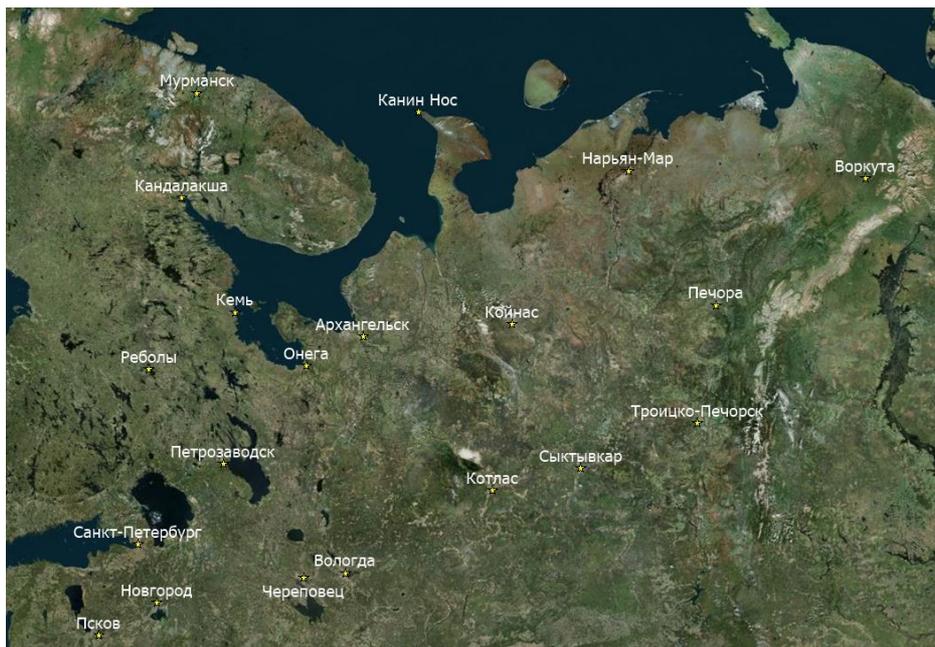


Рис. 1. Расположение метеостанций с наблюдениями за температурой воздуха, данные по которым использованы в настоящей работе

Для оценки влияния современного изменения климата на региональные климатические характеристики использован разработанный и применяемый во многих работах алгоритм [2,4], состоящий из:

- оценка качества информации: однородность экстремумов, стационарности средних и дисперсий [2];
- аппроксимация многолетних временных рядов двумя моделями: линейного тренда и ступенчатых изменений среднего значения, оценка эффективности и устойчивости показателей нестационарности [4];
- количественная оценка климатических изменений и построение их пространственных изменений, как в единицах измерений, так и в долях от естественной изменчивости.

Выполненный анализ многолетних данных по приведенному алгоритму показал, что большинство данных наблюдений однородны. Также установлено, что изменения среднего значения имели место в конце XX века, от конца 1980-х до начала 2000-х, и модель ступенчатых изменений среднего значения более эффективна, чем модель линейного тренда. На рисунке 2 представлен пример нестационарных рядов наблюдений.

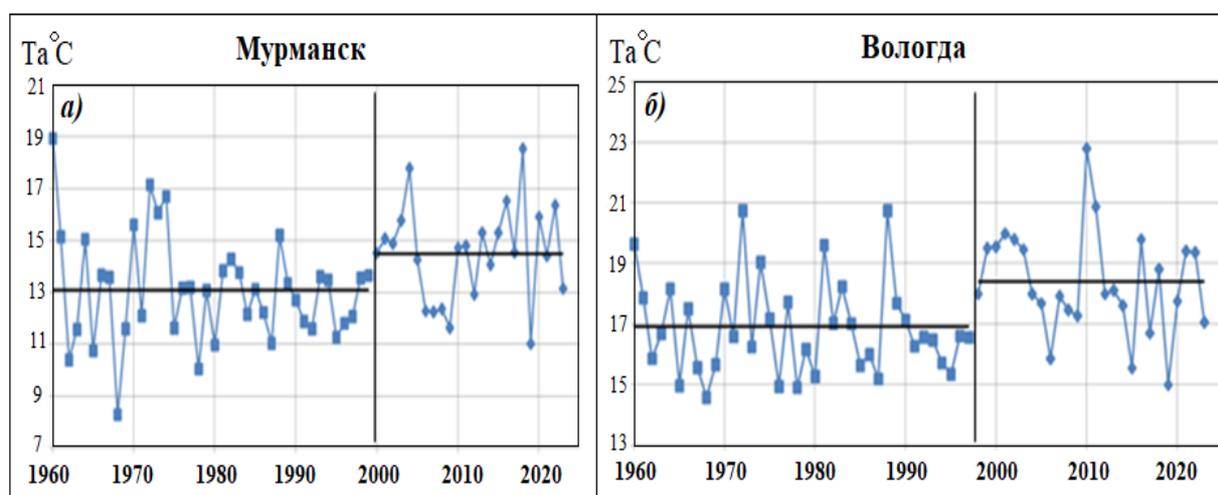


Рис. 2. Нестационарные ряды наблюдений за июльскими среднемесячными температурами с разными годами ступенчатых изменений
а) – Мурманск; б) – Вологда

Зимой на всех станциях за последние 30 лет наблюдается потепление от 1,8 до 4,3 °С, что составляет 0,9–1 среднего квадратического отклонения (СКО). Летом потепление составляет от 0,8 – 1,6°С, что составляет 0,8-0,9 СКО. Зимой и летом наибольшее потепление имеет место на юго-западе рассматриваемого региона.

Полученные расчетные температуры редкой повторяемости раз 100 лет и 200 лет могут быть использованы для прикладных целей, при проектировании зданий и сооружений, систем отопления, вентиляции, кондиционирования, водоснабжения, планировки и застройки городских и сельских поселений территории Российской Федерации [5].

Определение параметров и квантилей распределения при наличии достаточно продолжительных рядов наблюдений осуществляется с помощью аналитических функций распределения годовых вероятностей превышения (кривых вероятности) [2].

Для январских низких температур получено, что наблюдается их понижение с северо-запада, побережья Северного Ледовитого океана, где температура составляет -16°C и -17°C , на восток с температурами, равными $-30,4^{\circ}\text{C}$ и $-31,5^{\circ}\text{C}$. Градиент изменения значений по площади $\approx |15|^{\circ}\text{C}$ в обоих случаях.

Проявляется зональное увеличение июльской температуры воздуха редкой повторяемости с севера, с минимумом на метеостанции Канин Нос $15,4^{\circ}\text{C}$ и $16,1^{\circ}\text{C}$ на юго-запад с максимумом на станции Санкт-Петербург ($23,5^{\circ}\text{C}$ и 24°C). Изменение значений по равно 8°C , а отличие от среднего многолетнего значения составляет $5-9^{\circ}\text{C}$ в обоих случаях.

Таким образом, установлены региональные особенности многолетней изменчивости температуре воздуха, включая сезонные значения. Полученные результаты могут способствовать совершенствованию планов адаптации Северо-Западного федерального округа к изменениям климата.

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете при реализации темы государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Бесшовное численное моделирование одно-временного изменения климата, погоды, газового и аэрозольного состава атмосферы в глобальном и региональном масштабах и создание цифровой географической информационной системы обработки баз данных о составе и структуре атмосферы», шифр «Климат-2».

ЛИТЕРАТУРА

1. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. – Обнинск: ФГБУ ВНИИГМИ-МЦД, 2012. – 194 с.
2. Лобанов В.А., Методические указания. «Оценка современных региональных изменений климатических характеристик». – СПб.: Изд. РГГМУ, 2018. – 91 с.
3. Лобанов В., Дроздов В., Окуличева А., Буренкова А. Оценка будущих климатических изменений на территории Ленинградской области и Санкт-Петербурга и направления адаптации к ним для устойчивого развития регионов. Экология и промышленность России. 2024. – 28(1). – С. 64–71. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-1-64-71>
4. Лобанов В.А., Лемешко Н.А., Жильцова Е.Л., Горлова С.А., Ренева С.А. Восстановление многолетних рядов температуры воздуха на Европейской территории России. // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 2. – С. 5–14.
5. Свод правил, строительная климатология СП 131.13330.2020.
6. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научные технологии, 2022. – 124 с. ISBN 978-5-907618-14-5.
7. Official site. National Aeronautics and Space Administration. Goddard Institute for Space Studies (GISS). [Electronic resource]. – URL: <http://www.giss.nasa.gov>. (address date: 20.04.2024).

ВЛИЯНИЕ МЕЖКОНТАКТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ТЕПЛОАПРЯЖЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

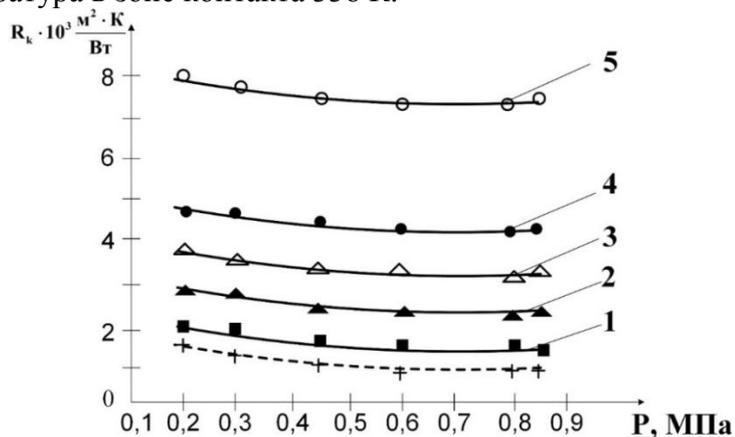
О.Л. Ерин, Д.С. Алиев, С.А. Кузнецов
ol-er85@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Анализ влияния авиации на окружающую среду показал, что аэродромы и базирующие на них средства наземного обслуживания полетов общего применения (СНО ОП) оказывает комплексное загрязнение. Они загрязняют атмосферу, воду, почвы химическими веществами, а также являются источниками физических воздействий шума, вибрации, теплового и электромагнитного излучений [1]. Тепловое воздействие приводит к термическому эффекту и влечет за собой цепь патологических реакций на клеточном уровне [2]. В процессе хранения и транспортировки резервуаров с криогенной жидкостью стоит вопрос создания надежной теплоизоляции, защищающую холодную аппаратуру от притока тепла из окружающей среды, приводящую к испарению жидкостей и заражению окружающей среды [3].

Как следует из анализа проведенных ранее исследований [4, 5] по проблеме повышения термосопротивления между металлическими поверхностями, в основном рекомендуется вводить в зону раздела заполнители из малотеплопроводных материалов, такие как асбест, слюда, фторопласт, стеклоткань, металлические сетки. При этом необходимо учитывать не только величину контактного термосопротивления, но и влияние данных заполнителей на организм человека и окружающую среду.

Для изучения процесса формирования термосопротивления через зону контакта с малотеплопроводными прокладками проведена серия исследований для однослойных прокладок. Полученные результаты в виде кривых зависимости $R_k = f(P)$ приведены на рисунке 1. Температура в зоне контакта 338 К.



1 — стеклоткань, $\delta = 0,29$ мм; 2 — слюда, $\delta = 0,4$ мм; 3 — фторопласт, $\delta = 0,42$ мм; 4 — асбест, $\delta = 0,43$ мм; 5 — сетка из нержавеющей стали, $\delta = 0,88$ мм, 1 мм \times 1 мм; штриховая линия — непосредственный контакт.

Рис. 1. Зависимость термосопротивления контактной пары из латуни с плоскошероховатыми поверхностями от нагрузки с листовыми прокладками в зоне контакта

Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы. Для всех исследуемых материалов заполнителей с повышением давления термосопротивление снижается, хотя и с различной скоростью. Так, для соединений с прокладкой из слюды зависимость $R_k = f(P)$ менее выражена, что можно объяснить более твердой структурой слюды. Для пластичной прокладки из фторопласта и мягкой прокладки из асбеста имеет место внедрение микровыступов поверхности стержней в прокладки, что наблюдается визуально.

Следует также отметить достаточно близкое взаимное расположение кривых 1–4, что можно объяснить малым расхождением коэффициентов теплопроводности и толщины прокладок для всех исследуемых материалов.

Из сравнения полученных экспериментальных данных с данными для соединений с непосредственно контактирующими поверхностями следует, что термосопротивление в последнем случае значительно ниже, т.е. введение в зону контакта малотеплопроводных прокладок повышает эффект теплоизоляции объекта.

На графиках рисунка 1, для листовых теплоизоляционных материалов явно просматривается тенденция к сглаживанию различий в термосопротивлениях для разного рода заполнителей зоны раздела с повышением нагрузки.

Условия эксплуатации теплонапряженных систем с составными элементами в целом ряде случаев наряду с надежной теплоизоляцией требует повышенной жесткости соединений. Для таких соединений предлагается вводить в зону контакта металлических поверхностей сетки из нержавеющей стали [5]. Из приведенных экспериментальных данных видно, что использование сетчатых экранов как теплоизоляторов более эффективно по сравнению с листовой теплоизоляцией.

Негативное влияние на человека и окружающую среду оказывают заполнители из асбеста. Отравление асбестом развивается продолжительное время, при механическом разрушении данного материала образуется асбестовая пыль. В результате его накопления в органах человека возникают различные структурные нарушения.

Стеклоткань негорючая, механически прочная, химически нейтральная, низкая теплопроводность, экологически безопасна. Материал имеет совершенно незначительный модуль упругости. При работе стеклотканью необходимо использовать средства индивидуальной защиты.

В процессе переработки фторопласта используют метод измельчения, пиролиза, термодеструкции, агрегации политетрафторэтилена. Отсутствуют приемлемые технологии переработки с минимальным воздействием на организм человека и окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костылева Л.Н., Клепиков О.В., Федий Г.Л., Тарасов Р.В. Особенности мониторинга окружающей среды при эксплуатации объектов авиационной системы / Системы гидрометеорологического, экологического и аэрокосмического мониторинга: метеорологические аспекты повышения качества функционирования. Сб. науч. ст. по материалам IV Всероссийской науч.-практ. конф. «Академические Жуковские чтения». – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – С. 116–119.

2. Асатуров М.Л. Загрязнение окружающей среды при авиатранспортных процессах: учебное пособие. – СПб: Университет ГА, 2010. – 94 с.

3. Каганер М.Г. Тепловая изоляция в технике низких температур. – М.: Машиностроение, 1966. – 275 с.

4. Попов В.М., Новиков А.П., Кондратенко И.Ю., Ерин О.Л. Теплообмен через тонкослойные прослойки в зоне контакта металлических поверхностей // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, № 6. – С. 18–20.

5. Попов В.М., Ерин О.Л. Теплообмен в межконтактных зазорах с металлической сеткой // Тепловые процессы в технике. – 2013. – Т. 8. – С. 35–38.

АНАЛИЗ ПОЖАРООПАСНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

В.М. Злобин

Dfcz22012001@yandex.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия*

Основным фактором влияющим на возникновение пожаров являются климатические факторы, преобладающие в различных регионах нашей страны. Россия расположена на самом большом участке суши на нашей планете, при этом это единственный пояс, в котором суши больше, чем воды. Это приводит к тому, что океан меньше участвует в теплорегуляции на данных участках, следовательно влажность уменьшается, а температура увеличивается, что повышает риск возникновения пожаров. Чем ближе к югу страны, тем риск возникновения пожара будет увеличиваться [1].

С увеличением температуры, усилением солнечной радиации и уменьшением влажности наступает сезон пожаров. В сезон летних пожаров в России обычно выделяются несколько зон пожарной опасности:

1. Лесная зона: Летние пожары в лесах довольно распространены и представляют серьезную угрозу природным ресурсам и жизням людей. Особенно подвержены опасности сухие лиственные леса в центральной части России, сибирские тайги и лесостепные зоны.

2. Сельскохозяйственные угодья: Сельскохозяйственные угодья, такие как сухие степи и поля, также подвержены пожарам из-за высокой температуры, сильного ветра и отсутствия дождей.

3. Торфяники: Торфяники также являются потенциальным источником пожаров из-за их высокого содержания горючего материала и сложности тушения.

4. Города и поселки: Пожарная опасность также существует в городах и поселках из-за повышенной температуры, недостатка зеленых насаждений и предметов, легко воспламеняющихся.

В летний период наиболее пожароопасными регионами России считаются обычно те, где преобладает растительность, способствующая быстрому распространению пожаров. Некоторые из наиболее пожароопасных регионов России в летний период включают:

1. Сибирь, включая регионы Иркутская область, Республику Бурятия, Алтайский край и другие территории. Здесь часто происходят лесные пожары из-за сильной засухи и высоких температур.

2. Южный федеральный округ, включая регионы Краснодарский край, Ростовская область и другие, где сухой климат и высокие температуры также способствуют возникновению пожаров, особенно в степных и лесостепных зонах.

3. Дальний Восток России, включая Приморский край, Хабаровский край и другие регионы. Здесь также бывают лесные пожары из-за климатических условий [2].

Все эти закономерности можно наблюдать на изображениях, представленных

ФГБУ «Гидрометцентр России» [3]. На них изображены пожароопасные территории России за апрель (рис. 1), май (рис. 2) 2024 года и прогнозируемые пожароопасные регионы на июнь (рис. 3) 2024 года.

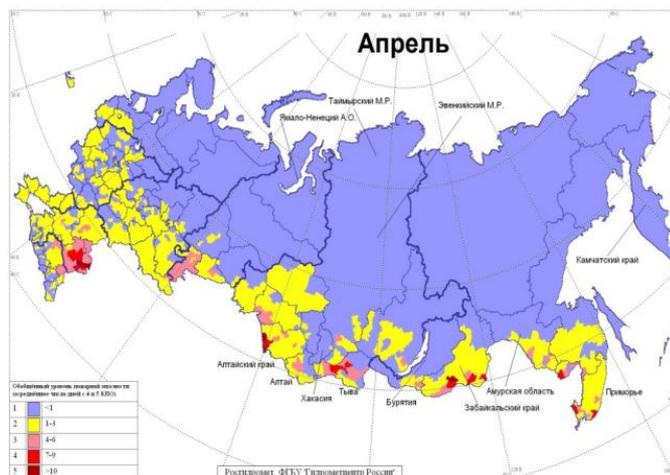


Рис. 1. Пожароопасные территории России за апрель 2024 года

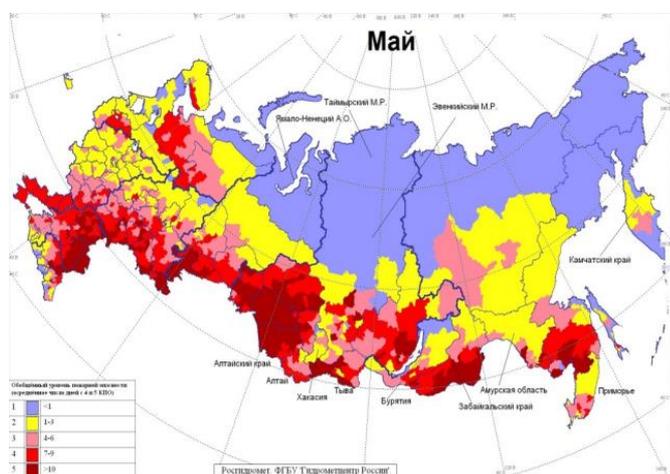


Рис. 2. Пожароопасные территории России за май 2024 года

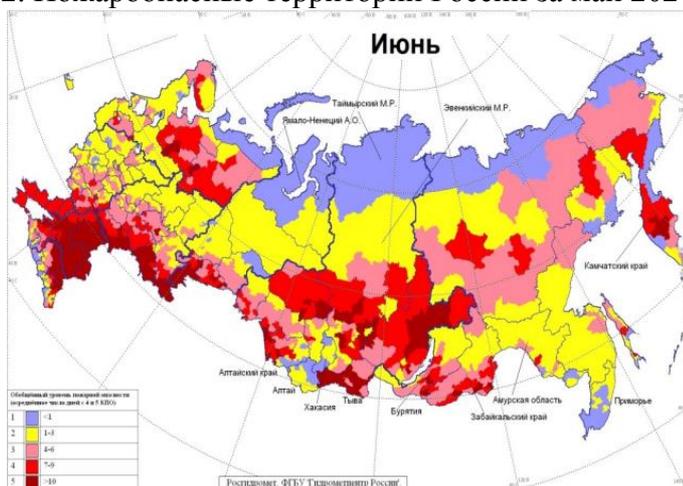


Рис. 3. Прогнозируемые пожароопасные регионы на июнь 2024 года

В целом, с наступлением лета пожарная опасность на территории России

значительно возрастает из-за климатических условий и человеческой деятельности. Для снижения риска возгораний важно проводить профилактическую работу, контролировать горение мусора, принимать меры предосторожности в лесах и усиливать мониторинг пожароопасной обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кароль И.Л., Киселев А.А. Парадоксы климата. Ледниковый период или обжигающий зной? – М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. – 288 с.

2. «Пожароопасность по России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hmn.ru/index.php?index=26> (дата обращения: 1.07.2024).

3. «Гидрометцентр России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/> (дата обращения: 1.07.2024).

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

В.М. Злобин

Dfcz22012001@yandex.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия*

За последние десятилетия на территории России прослеживается общий тренд роста среднегодовой температуры. На основе данных метеорологических станций и последующих исследований, был сделан вывод, что среднегодовой рост температуры на территории страны превышает среднемировые темпы роста температур. Эти изменения прослеживаются не только в летнее время года, но и в зимний период. Наиболее подвержены данным изменениям, в силу своего территориального расположения, следующие федеральные округа: Центральный, Южный, Приволжский, Северо-Кавказский [1].

Изменения хорошо прослеживаются на карте изменения среднегодовой температуры за последние 50 лет (рис. 1).

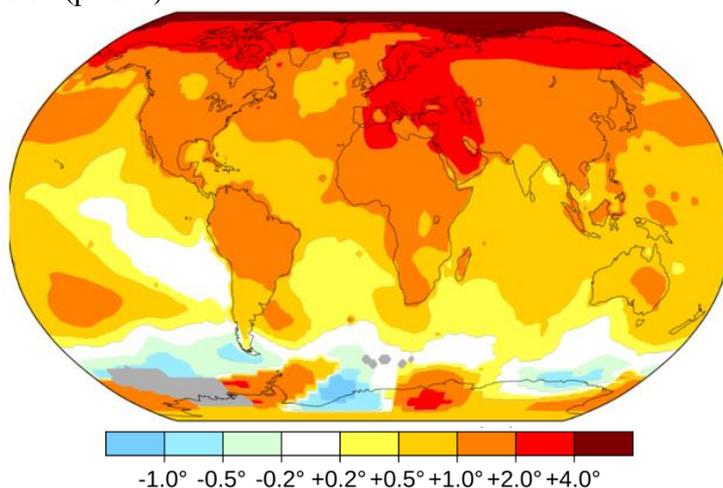


Рис. 1. Изменения среднегодовой температуры за 50 лет

Рост среднегодовой температуры напрямую влияет на рост возникновения рисков пожаров. Более сухая и жаркая погода способствует быстрому высыханию растительности, также это способствует возникновению климатических аномалий, таких как молнии, грозы и сильные ветры, что в свою очередь также может повлиять на возникновение пожаров [2]. На территории России сосредоточено самое большое количество лесов, при этом огонь ежегодно уничтожает около 90 тысяч гектаров леса, что в свою очередь наносит большой ущерб экосистемам и экологии в целом. При нынешних темпах роста температуры пожароопасная обстановка на территории России будет только обостряться. Это можно наблюдать на прогнозируемых графиках к 2025 (рис. 2) и 2050 (рис. 3) годам, на которых показано относительное изменение количества дней с повышенной пожароопасностью (с индексом Нестерова $G > 1000$).

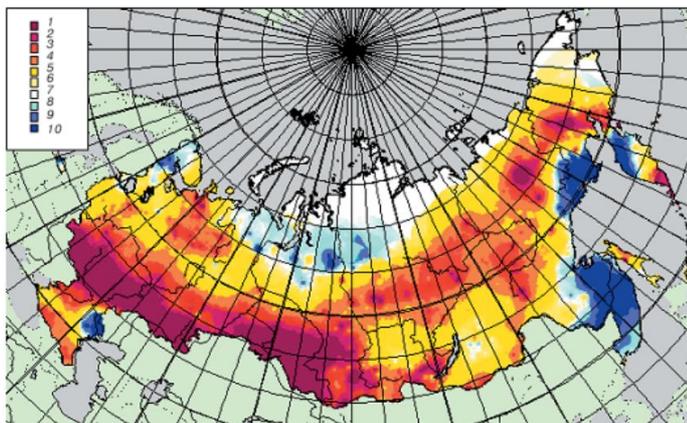


Рис. 2. Относительное изменение количества дней с повышенной пожароопасностью к 2025 году (с индексом Нестерова $G > 1000$)

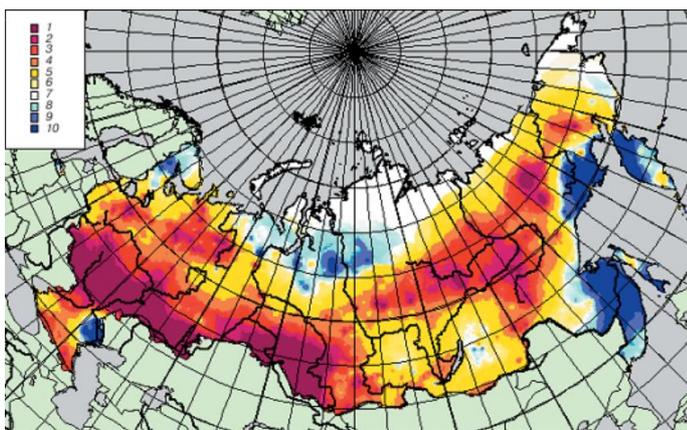


Рис. 3. Относительное изменение количества дней с повышенной пожароопасностью к 2050 году (с индексом Нестерова $G > 1000$)

Исходя из приведенных данных можно подчеркнуть, что тенденции возгорания в связи с повышением температур требует отдельного и пристального внимания. Для снижения рисков необходимо проводить регулярный контроль лесных участков и своевременно выявлять и устранять факторы, увеличивающие пожароопасность, также в наиболее подверженных рискам возгорания участках необходимо создавать

противопожарные барьеры. Эти меры помогут предупреждать возгорание, но не решат первопричины, которой является глобальное потепление [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. «Пожароопасность по России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hmn.ru/index.php?index=26> (дата обращения: 1.07.2024).
2. «Гидрометцентр России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/> (дата обращения: 1.07.2024).
3. Кароль И.Л., Киселев А.А. Парадоксы климата. Ледниковый период или обжигающий зной? – М.; АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. – 288 с.

ВЛИЯНИЕ АЭРОТЕХНОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛКАХ

Л.Н. Иовик, А.Н. Анжгиревич

ludmila.iovik84@gmail.com; andy5170001@gmail.com

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

Развитие промышленного производства в последние десятилетия привело к стремительному росту количества загрязнителей в окружающей среде. Тяжелые металлы (ТМ) являются распространенными загрязнителями [2] и нередко становятся причиной нарушения устойчивого функционирования экосистем, в том числе лесных, приводя их в итоге к частичной или полной деградации. Пылевые и аэрозольные выбросы промышленных предприятий выступают поставщиками ТМ и их соединений в атмосферный воздух. В большинстве случаев аэротехногенное загрязнение окружающей среды ТМ носит полиэлементный характер. Попадая на поверхность листьев в результате осаждения пылевых частиц под действием силы тяжести, импакции (влипания) или во время выпадения осадков, ТМ способны проникать и аккумулироваться здесь же в тканях, а также переноситься по растению с нисходящим током веществ в корни [5]. В результате листопада загрязненные ТМ листья формируют мертвый почвенный покров и в процессе разложения становятся частью лесной подстилки.

Лесная подстилка выступает основным биогеохимическим барьером, связывающим основное количество загрязнителей и препятствующим непосредственному поступлению загрязнителей в почву и сопредельные среды [4]. Важными факторами при этом выступают строение и мощность подстилки, концентрация привносимых ТМ, продолжительность закрепления ТМ в подстилке и скорость их высвобождения и поступления в почву. Содержание ТМ в подстилке, по мнению некоторых авторов, отражает величину техногенной нагрузки на лесные биогеоценозы [3]. Таким образом, лесная подстилка представляет собой индикаторную систему биоценоза ввиду своей высокой биогеохимической информативности.

Полесским аграрно-экологическим институтом НАН Беларуси, начиная с 2018 года в рамках созданной локальной системы импактного мониторинга [1] ведутся ежегодные наблюдения за содержанием ТМ в растениях, почвах, лесных подстилках и др. Цель настоящих исследований предполагает выявить влияние аэротехногенных выбросов предприятия по производству стартерных аккумуляторных батарей на накопление элементов-загрязнителей в лесных подстилках. Сеть пробных площадок (ПП) для наблюде-

ний за подстилками включает 17 ПП, расположенных в северной части лесного массива, прилегающего к южной границе предприятия (рис. 1). Лесной массив представляет собой средневозрастной березняк (доминирует береза повислая *Betula pendula* Roth) с примесью сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L., ольхи черной *Alnus glutinosa* L. Gaertn и осины обыкновенной *Populus tremula* L.

Отбор проб подстилок в 2022 г. в рамках продолжающихся мониторинговых исследований производили в конце вегетационного периода (в октябре). Пробоотбору подлежал верхний слой лесной подстилки – свежий опад, не затронутый процессами разложения и гумификации. Подготовку проб к испытаниям выполняли по ГОСТ 26929-94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов». Для этого пробы сначала измельчались на отрезки 1–3 см, затем высушивались в низкотемпературной лабораторной электропечи при температуре 65 °С до воздушно-сухого состояния. После этого пробы размалывали на лабораторной мельнице и просеивали через сито с отверстиями диаметром 1 мм. На следующем этапе производили сухую минерализацию проб с последующей обработкой золы азотной кислотой. В подготовленных таким образом пробах определяли содержание ТМ: Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Fe, Co, Cr и др. Химический анализ осуществлялся по ГОСТ 30538-97 «Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом» с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой iCAP 7200 ICP-AES DUO (производства Thermo Scientific).

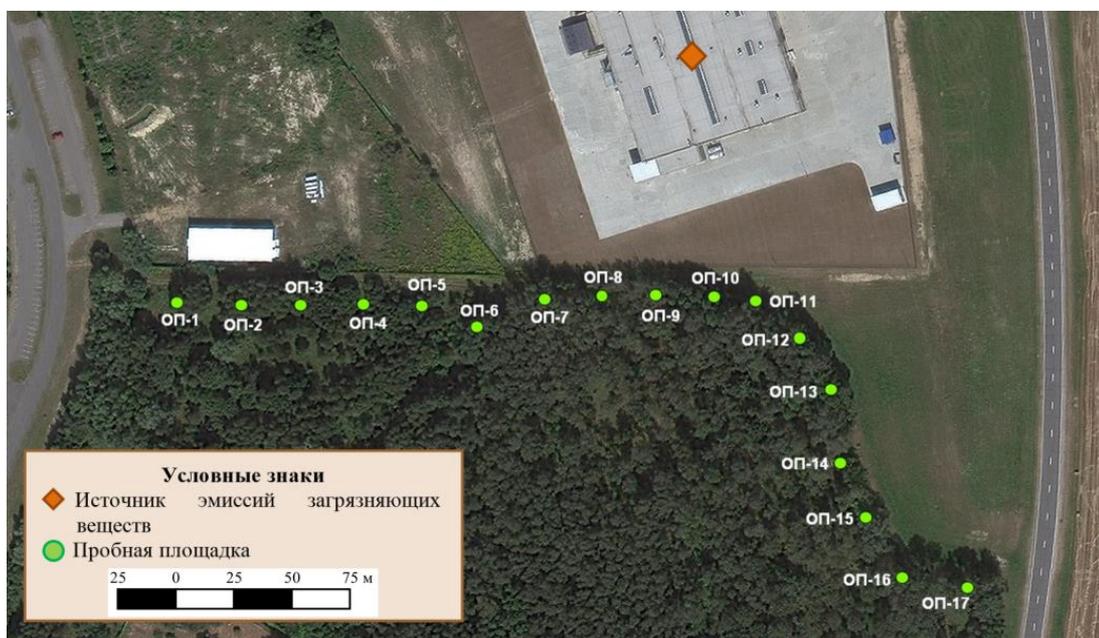


Рис. 1. Сеть ПП для наблюдений за лесными подстилками

Результаты лабораторных исследований показали, что в зоне влияния аккумуляторного производства лесные подстилки в среднем накапливали ТМ в порядке убывания (мг/кг): Fe (762) > Mn (315) > Zn (46,0) > Cu (5,59) > Pb (4,46) > Ni (1,87) > Cr (1,44) > Co (1,31) > Cd (0,57). Учитывая, что атмосферные выбросы предприятия, ввиду специфики производства, содержат остаточные количества свинца – в большей мере, и в сравнительно меньшей мере – кадмия, никеля, сурьмы и др., приоритетное накопление железа, марганца и цинка ни в коей мере не связано с производимой деятельностью, а обуслов-

лено физиологическими особенностями самой древесной растительности, потребляющей данные биогенные (жизненно необходимые) элементы в приоритетном порядке. Гораздо важнее оценить накопление технотоксикантов – в первую очередь свинца и кадмия (элементов 1 класса опасности). Наибольшие значения свинца установлены на ПП, расположенных в непосредственной близости к южной границе источника эмиссий загрязняющих веществ, при максимальном значении на ОП-7 – 6,63 мг/кг. По мере отдаления от завода в западном и юго-восточном направлениях содержание элемента по сети ПП постепенно снижалось до уровня 3,10 мг/кг (на ОП-17). По сравнению с 2021 г. исследований, в 2022 г. накопление свинца в лесных подстилках увеличилось в 1,7 раза. Концентрации кадмия не имели выраженной корреляции с местоположением относительно источника эмиссий и проявляли разнонаправленные флуктуации значений в разных точках, при этом уровни элемента варьировали в границах 0,23–0,91 мг/кг. Вероятно, остаточные количества поллютанта в атмосферных выбросах были настолько малы, что видимого увеличения его содержания, хотя бы в ближнем радиусе от завода, не наблюдалось. Разновеликие значения по сети опробования лесных подстилок показали также остальные исследуемые элементы: медь, цинк, никель, марганец, железо, кобальт и хром.

Ввиду отсутствия технических нормативных правовых актов, устанавливающих допустимые концентрации ТМ в подстилках, в настоящих исследованиях в качестве ориентировочных показателей используются собственные данные Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси, полученные для березняка (возрастом 40–50 лет) и березняка осиново-молиниевно-папоротникового. Для фоновых территорий концентрации ТМ в подстилках находятся на следующем уровне: 6,73 мг/кг Pb, 0,55 мг/кг Cd, 6,20 мг/кг Cu, 80,9 мг/кг Zn, 1,46 мг/кг Ni, 348 мг/кг Mn, 798 мг/кг Fe, 2,62 мг/кг Co, 1,59 мг/кг Cr. Результаты исследований показали, что в зоне влияния аккумуляторного производства накопление свинца по сети ПП не превышало фоновые концентрации. В то же время практически на всех ПП содержание кадмия возрастало по сравнению с фоном на 1,8–65,5 %. Примечательно, что накопление цинка в целом на изучаемой территории было ниже фонового в 1,2–2,1 раза. Превышение фоновых значений никеля, марганца, железа, кобальта и хрома выявлено только на некоторых ПП. При этом «гипернакопление» элементов происходило не комплексно на отдельных ПП, а имело случайный характер.

Ввиду того, что на момент проведения исследований в зоне влияния аэротехногенных выбросов определить причины выявленных особенностей накопления ТМ в лесных подстилках не всегда представляется возможным, требуется продолжить наблюдения в последующие годы мониторинга. Уточнение региональных фоновых концентраций элементов позволит также скорректировать оценку загрязнения объектов исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ажгиревич А.Н. Система геохимического мониторинга в импактной зоне СЭЗ «Брест» площадка «Аэропорт» / А.Н. Ажгиревич, Н.В. Михальчук, Е.А. Брыль // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: зб. навук. прац. X Міжнар. навук. канф. «Природ. асярод. Палесся і навук.-практ. аспекты рацыянальн. рэсурсакарыстання», Брэст, 14–16 верас. 2022 г. / Палескі аграрна-экал. інст. НАН Беларусі; рэдкал. М.В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Вып. 14. – Брэст: Альтэрнатыва, 2022. – С. 167–169.

2. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю.Н. Водяницкий, Д.В. Ладонин, А.Т. Савичев. – М., 2012. – 305 с.
3. Кашулина Г.М. Аэротехногенная трансформация почв европейского субарктического региона / Г.М. Кашулина; под ред. В.Н. Переверзева. – Ч. 2. – Российская академия наук. Кольский научный центр. Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина. – Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2002. – 234 с.
4. Копцик Г.Н. Трансформация и устойчивость почв лесных экосистем под воздействием атмосферного загрязнения: дис. ...док. биол. наук: 03.02.13; 03.02.08 / Г.Н. Копцик. – М., 2012. – 410 с.
5. Geiger D.B. Phloem Loading and Associated Processes / D.B. Geiger // NSSA. – 1975. – Vol. 4. – P. 251–295.

АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 5 ЛЕТ В ГОРОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

А.Н. Кибкало, С.Н. Цай
mip_rggmu@mail.ru

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
филиал в г. Туапсе, Россия*

Условия глобального потепления являются благоприятными для увеличения количества, или появления впервые, на территории страны таких метеорологических явлений, как смерчи, шквалы, сверхинтенсивные дожди, снегопады и наводнения.

По статистическим данным в РФ происходит формирование 300 смерчей, из которых 10 % на территории страны классифицируются как сильные [2].

Для механики возникновения смерчей требуется выполнение четырех основных условий: наличие влажного теплого воздуха, неустойчивой стратификации, сдвига ветра с высотой, начальный подъем.

При столкновении двух воздушных масс теплого и холодного воздуха происходит образование мощного вихря в облаках грозового типа. Данные физические процессы в основном наблюдаются в нестабильной климатической системе. По причине роста показателей температуры воздуха, зона неустойчивой атмосферы распространяется на большую часть средней полосы страны, тем самым увеличивая вероятность большего образования смерчей.

Таблица 1

Географическое расположение метеорологических станций

	Широта, °	Долгота, °	Высота над уровнем моря, м
Брянск	53	34	216
Тверь	56	35	146
Москва	55	37	156
Тамбов	53	41	128

В таблице 1 отображены географические координаты населенных пунктов: г.

Брянск, г. Тверь, г. Москва, г. Тамбов, которые были отобраны для проведения сравнительного анализа многолетней температуры воздуха (период с 1988 по 2018 гг.) с показателями за последние 5 лет (период с 2019 по 2023 гг.).

Данные точки отбора информации расположены приблизительно на одинаковой широте, с распределением с запада на восток.



Рис. 1. Сравнительный анализ среднемесячной температуры воздуха в г. Брянск



Рис. 2. Сравнительный анализ среднемесячной температуры воздуха в г. Тверь

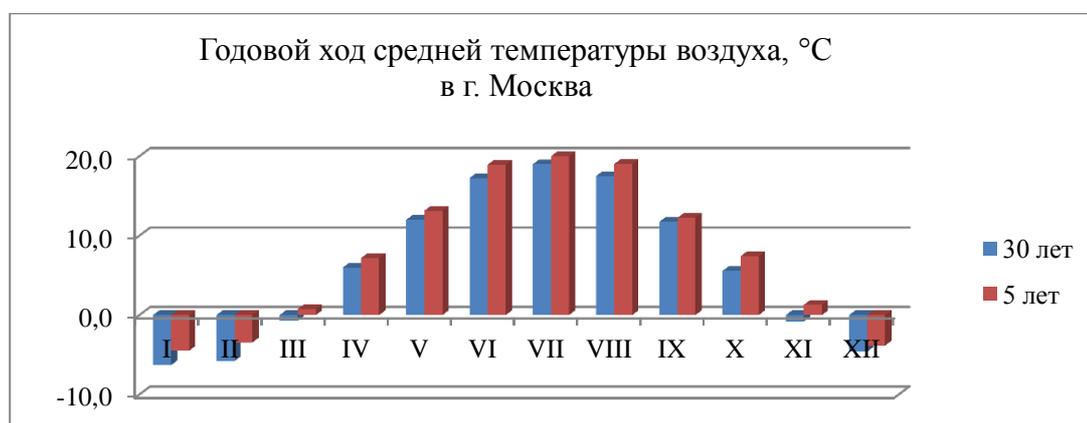


Рис. 3. Сравнительный анализ среднемесячной температуры воздуха в г. Москва

На рисунках 1-3 отображен годовой ход среднемесячной температуры [1] воздуха в г. Москва, в г. Тверь, в г. Брянск. Из данных, полученных в ходе анализа, было выявлено, что среднегодовая температура воздуха в населенных пунктах увеличилась на 1,1 °С. Ярко выраженные изменения наблюдаются не только в летний, но и в зимний период года. Таким образом, в январе и феврале прослеживается увеличение температуры воздуха на 2 °С.

В теплый период года увеличение температуры воздуха за последние 5 лет составляет 1 °С ...1,5 °С.

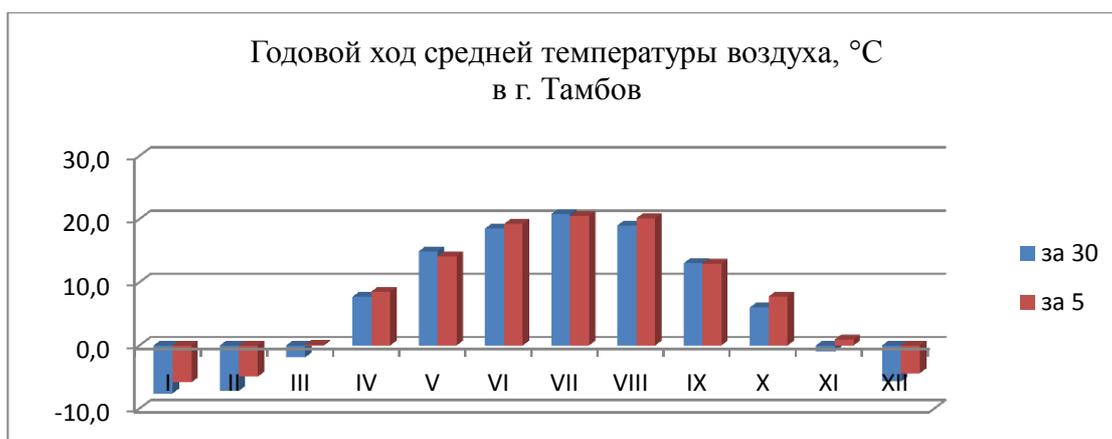


Рис. 4. Сравнительный анализ среднемесячной температуры воздуха в г. Тамбов

На рисунке 4 отображен график хода среднемесячной температуры воздуха в г. Тамбов, и сравнивая западную часть, выделенного участка для анализа, и восточную, можно сделать вывод о том, что последняя подвергается наиболее выраженным температурным изменениям.

Так, например, среднегодовая температура за рассматриваемый период увеличилась на 2 °С по сравнению с многолетними данными. А также заметно повышение в холодный период, порядка 1,8 °С ...2,3 °С.

В заключение, можно сделать вывод о том, что повышение температуры воздуха является одним из факторов учащению образования комплекса опасных метеорологических явлений, включающего в себя град крупного диаметра, шквалистый ветер и смерчи в 1-1,3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куклин А.К., Куклина Н.Я, Шабалина О.А Исследование гидрометеорологических характеристик ЮБК на океанографической платформе в Казивели/ Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2003. – С. 66-82.

2. Гидрометцентр России [Электронный ресурс], – URL: <https://meteoinfo.ru/> (дата обращения: 8.07.2024).

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПРОГНОЗОВ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА

С.Л. Киринос, А.Э. Бадыгин
sk_met@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

По данным Международной организации гражданской авиации ИКАО с начала XXI века примерно в трети всех случаев неблагоприятного завершения полетов опасные явления погоды сыграли непосредственную или косвенную роль. Ухудшение полетной видимости и понижение высоты нижней границы облаков (ВНГО) до значений ниже метеорологических минимумов (относятся к опасным явлениям погоды) занимает одну из главных ролей – 62% из общего количества авиационных происшествий, связанных с метеоусловиями. Доля остальных опасных явлений погоды распределена следующим образом: 11% – высокая турбулентность атмосферы, 7% – обледенение, 9% – влияние других причин. Около 56% происшествий имели место при выполнении взлета и посадки воздушного судна.

Таким образом, тематика настоящей работы, посвященная влиянию ВНГО на взлет, посадку и другие этапы полета воздушных судов, а также посвященная получению достоверной и качественной прогностической информации о ВНГО, является актуальной.

Существующие способы прогноза ВНГО часто можно использовать только лишь для той территории, для которой они разработаны. Кроме того, они требуют своего постоянного уточнения ввиду климатических изменений [1]. Для некоторых аэродромов используемые способы прогноза ВНГО дают оправдываемость, например, ниже 73%, что может снижать требуемый уровень эффективности и безопасности полетов государственной авиации. С целью повышения качества прогностической информации предлагается воспользоваться современной теорией распознавания образов [2] для получения методики разработки прогнозов опасных явлений погоды, в частности ВНГО ниже 300 м. Применение данной методики на каждом конкретном аэродроме позволит специалистам авиационных метеорологических служб получить прогностическую информацию о ВНГО с высокой степенью качества.

Цель работы – повышение качества прогностической метеоинформации о ВНГО (ниже или выше 300 м) на основе применения методики разработки прогнозов опасных явлений погоды с использованием теории распознавания образов, в частности, – дискриминантного анализа.

Разработку предлагаемой методики необходимо осуществить в несколько этапов.

На первом этапе необходимо отметить, что предполагается использовать один из наиболее распространенных непараметрических методов дискриминантного анализа – метод эталонов [2]. В рамках такого метода при появлении новой «неизвестной» точки (координатами данной точки являются численные значения метеовеличин – предикторы) рассчитывается расстояние от нее до эталонных образов. Точку следует отнести к первому эталонному образу (наличия опасного явления погоды), если расстояние до него меньше, чем до второго эталонного образа (отсутствия опасного явления погоды).

Второй этап разрабатываемой методики посвящен организации архивной выборки. В данной работе архивная выборка получена с использованием дневников погоды по

пункту Воронеж за период 2015 – 2022 годов.

Предикторы отбирались таким образом, чтобы косвенно учитывать условия радиационного выхолаживания для образования низкой слоистообразной облачности. Под низкой облачностью в работе понимается облачность с ВНГО $H < 300$ м. Таким образом в состав архивной выборки вошло 600 случаев наблюдений за погодой в холодное полугодие при количестве облаков менее 7 баллов и скорости ветра менее 4 м/с. Скорость ветра для случаев радиационного выхолаживания должна быть менее 4 м/с, чтобы исключить фактор турбулентного перемешивания нижележащих и вышележащих слоев воздуха.

Архивная выборка объемом 600 элементов делилась на обучающую и контрольную в соотношении 2:1 (обучающая – 400 элементов, контрольная – 200 элементов).

В дальнейшем, обучающая выборка будет необходима для получения нового способа прогноза ВНГО, а контрольная – для оценки его успешности. В качестве исходных метеорологических предикторов рассматривались 8 предикторов: в 21 час местного времени предшествующих суток – барическая тенденция ΔP_{21} , относительная влажность F_{21} , скорость ветра у поверхности земли V_{21} , дефицит точки росы D_{21} ; в 03 часа местного времени – барическая тенденция ΔP_{03} , относительная влажность F_{03} , скорость ветра у поверхности земли V_{03} , дефицит точки росы D_{03} . В качестве предиктанта использовалась информация о наличии (отсутствии) слоистообразных облаков с высотой нижней границы 300 метров и ниже за 09 часов местного времени текущих суток – H_{09} .

На третьем этапе непосредственно применялись элементы дискриминантного анализа [2].

В качестве меры близости в работе использовано Евклидово расстояние L_E . С геометрической точки зрения каждую реализацию погодных условий для предикторов X^1 и X^2 (для $X^1 - X_1^1, X_2^1$; для $X^2 - X_1^2, X_2^2$) можно отнести к одной из двух фаз погоды с использованием выражения (1):

$$L_E = \sqrt{(X_2^2 - X_2^1)^2 + (X_1^2 - X_1^1)^2}, \quad (1)$$

где $X_1^1, X_2^1, X_1^2, X_2^2$ – координаты концов отрезка в пространстве размерностью 2.

Для n -мерного пространства Евклидово расстояние определяется с использованием выражения (2):

$$L_E = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i^2 - X_i^1)^2}, \quad (2)$$

где X_i^2, X_i^1 – i -ые координаты второй и первой точек соответственно.

Предварительный отбор предикторов далее выполнен с использованием критерия Махаланобиса (критерия разделимости классов), представленного выражением (3):

$$\Delta^2 = \left(\frac{M_X(+)-M_X(-)}{G_X} \right)^2, \quad (3)$$

где $M_X(+)$ и $M_X(-)$ – средние арифметические значения одного предиктора в разных классах, а G_X – среднеквадратическое отклонение этого предиктора [2].

Для нахождения критерия Махаланобиса в работе найдены численные значения математического ожидания для предикторов в каждом классе и значения среднего квад-

ратического отклонения каждого из предикторов. Вышеуказанные значения приведены в таблице 1. Значения критерия Махаланобиса представлены в таблице 2.

Таблица 1

Значения математического ожидания M_x в классе наличия (+) и отсутствия (-) низкой облачности и среднего квадратического отклонения G_x для предикторов

Статистическая характеристика	Предиктор							
	V_{21}	ΔP_{21}	F_{21}	D_{21}	V_{03}	ΔP_{03}	F_{03}	D_{03}
$M_x (+)$	2,1	0,3	74,4	1,1	2,7	0,5	83,0	1,0
$M_x (-)$	5,6	-1,4	65,6	3,2	4,5	-0,8	74,1	2,9
G_x	1,8	0,2	10,1	0,4	2,0	0,3	9,8	0,3

Таблица 2

Значения критерия Махаланобиса (Δ^2) для предикторов

Предиктор	V_{21}	ΔP_{21}	F_{21}	D_{21}	V_{03}	ΔP_{03}	F_{03}	D_{03}
Критерий Махаланобиса	3,781	72,250	0,759	27,563	0,810	18,778	0,825	40,111

Для определения наилучших предикторов, входящих в предварительный перечень строится матрица коэффициентов парной корреляции (таблица 3). В данной матрице рассматриваются отдельные блоки, в которых коэффициенты парной корреляции являются относительно высокими внутри каждого блока.

Из блоков сильно коррелируемых предикторов, выбираются предикторы, которые имеют критерий Махаланобиса максимальный. Таким образом, анализ корреляционной матрицы (таблица 3) и информация о критерии Махаланобиса из таблицы 2 позволили выполнить предварительный отбор предикторов для разработки способа прогноза низкой слоистообразной облачности. Этими предикторами являются пять предикторов: $V_{21}, \Delta P_{21}, D_{21}, V_{03}, D_{03}$. Остальные три предиктора $F_{21}, \Delta P_{03}, F_{03}$ для разработки способа прогноза не используются. На четвертом этапе к оставшимся пяти предикторам, с целью выбора наиболее информативных из них, применяется процедура просеивания. Данная процедура выполняется с использованием обучающей выборки в пять шагов с построением на каждом шаге требуемого количества таблиц сопряженности. Критерием качества разработанных с использованием метода эталонов прогностических правил является общая оправдываемость прогноза низкой облачности.

Выбор лучшего прогностического правила из пяти правил будет осуществляться с использованием материалов контрольной выборки.

Общая оправдываемость рассчитывается с использованием выражения (4):

$$U = \frac{n_{11} + n_{22}}{N}, \quad (4)$$

где N – объем обучающей выборки, а n_{11} и n_{22} – количество оправдавшихся прогнозов на наличие низкой облачности и на ее отсутствие соответственно.

Подробно рассматривать все пять этапов проведения процедуры просеивания нет необходимости. Остановимся лишь на окончательном отборе комбинации трех лучших пре-

дикторов V_{21} , ΔP_{21} , D_{03} уже с использованием материала контрольной выборки.

Данная информация представлена в таблице 4.

Таблица 3

Матрица коэффициентов парной корреляции между предикторами

Предиктор	V_{21}	ΔP_{21}	F_{21}	D_{21}	V_{03}	ΔP_{03}	F_{03}	D_{03}
V_{21}	1							
ΔP_{21}	-0,30	1						
F_{21}	0,24	-0,06	1					
D_{21}	0,26	0,04	-0,99	1				
V_{03}	-0,02	0,12	-0,16	0,14	1			
ΔP_{03}	-0,08	0,50	-0,02	0,01	-0,27	1		
F_{03}	0,13	-0,20	0,13	-0,12	-0,11	-0,18	1	
D_{03}	0,11	0,16	-0,09	0,10	0,09	0,16	-0,99	1

Таблица 4

Таблица сопряженности для прогнозов, разработанных с использованием предикторов V_{21} , ΔP_{21} , D_{03}

Фактическая погода	Прогноз погоды	
	Наличие низкой облачности	Отсутствие низкой облачности
Наличие низкой облачности	76	15
Отсутствие низкой облачности	22	87

Окончательный выбор прогностического правила для прогноза низкой слоисто-образной облачности для пункта Воронеж следует осуществить на правиле, основанном на использовании трех предикторов – V_{21} , ΔP_{21} , D_{03} . При этом общая оправдываемость $U = 0,815$. Добавление в контрольной выборке очередного предиктора на четвертом шаге ведет к ухудшению значения общей оправдываемости.

На заключительном этапе с использованием выражений (5), (6) рассчитываются и сравниваются расстояния до эталонов. Меньшее расстояние будет указывать на отнесение новой точки к классу «наличие низкой облачности» или «отсутствие низкой облачности».

$$L_1 = \sqrt{(V_{21} - M_{V_{21}}(+))^2 + (\Delta P_{21} - M_{\Delta P_{21}}(+))^2 + (D_{03} - M_{D_{03}}(+))^2}, \quad (5)$$

$$L_2 = \sqrt{(V_{21} - M_{V_{21}}(-))^2 + (\Delta P_{21} - M_{\Delta P_{21}}(-))^2 + (D_{03} - M_{D_{03}}(-))^2}, \quad (6)$$

где $M_{V_{21}}(+)$, $M_{\Delta P_{21}}(+)$, $M_{D_{03}}(+)$, $M_{V_{21}}(-)$, $M_{\Delta P_{21}}(-)$, $M_{D_{03}}(-)$ – координаты эталонов в разных классах (+) и (-).

Таким образом, на заключительном этапе разработанной методики окончательный выбор прогностического правила для прогноза ВНГО (ниже или выше 300 м) по

пункту Воронеж следует осуществлять на правиле, основанном на использовании трех предикторов $-V_{21}$, ΔP_{21} , D_{03} .

Общая оправдываемость способа прогноза составляет $U = 0,815$. Необходимые расчеты в выражениях (5), (6) следует осуществлять с использованием данных наблюдений, а также данных из таблицы 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы / Л.Т. Матвеев. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 640 с.
2. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В.Е. Гмурман. – М.: Юрайт, 2013. – 304 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЯВЛЕНИЙ КАЛЕНДАРНОЙ ВЕСНЫ 2024 ГОДА В ХОПЕРСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ЗА ПЕРИОД 1939 – 2024 ГГ.

О. Е. Короткова

olga_korotkova_1977@mail.ru

*Хоперский государственный природный заповедник,
Воронежская область, Россия*

Проведение наблюдений погоды на территориях заповедников России является неотъемлемой частью всего комплекса мероприятий по экологическому мониторингу в пределах особо охраняемых природных территорий. Метеорологический мониторинг на левобережных, песчаных террасах Хопра продолжает проводить метеостанция Хоперского заповедника, обеспечивающая погодную основу изучения динамики абиотических и биотических параметров окружающей среды на территории заповедника в рамках «Летопись природы».

Среднегодовая температура воздуха в разные годы на территории Хоперского заповедника существенно различалась. 1945 год был самым холодным, среднегодовая температура воздуха опускалась до $+3,40^{\circ}\text{C}$. Максимальная среднегодовая температура воздуха отмечена в 2020 году $+8,58^{\circ}\text{C}$. За 84 года среднегодовая температура увеличилась на $2,27^{\circ}\text{C}$. Скорость изменения этого показателя составляет $0,26^{\circ}\text{C} / 10$ лет. Потепление в Хоперском заповеднике проявляется во все сезоны года, в наибольшей степени зимой и весной. Цель данной статьи – характеристика некоторых погодных показателей весеннего календарного сезона 2024 года и их изменение за 85 лет наблюдений.

Территория Хопёрского заповедника расположена в северном районе степной зоны, на границе с восточным районом лесостепной зоны ($51.211897^{\circ}\text{N}$, $41.718193^{\circ}\text{E}$).

Нерегулярные наблюдения на метеостанции II разряда начаты в 1937 году, а систематические ежедневные наблюдения проводятся с 1938 г. С 2021 года на метеоплощадке установлена автоматическая метеостанция «Сокол М1». Эта станция работает круглосуточно, сообщения о метеорологических параметрах (температура воздуха, количество осадков, относительная влажность воздуха, влажность и температура почвы, скорость и направление воздушных потоков, атмосферное давление) передаются каждые 20 минут [3].

Климат умеренно-континентальный, с холодной зимой и жарким летом. Среднегодовая многолетняя температура за весь период наблюдений составила +6,4°C. Средняя температура июля, самого теплого месяца +21,0°C, самого холодного – января (-8,6°C). Годовая сумма выпавших осадков значительно колеблется – от 276 до 821 мм, в среднем выпадает 548 мм. По сезонам наибольшее количество осадков приходится на лето – 147 мм, наименьшее на весну – 116 мм. Устойчивый снежный покров образуется в среднем 5 декабря. Максимальной высоты, в среднем 28 см, достигает в феврале. Безморозный период в среднем составляет 202 дня, его продолжительность колеблется в разные годы от 111 до 248 дней.

Для оценки и характеристики погодных показателей календарной весны 2024 года и изменений за период с 1939 по 2024 гг., использованы материалы многолетних наблюдений метеостанции Хоперского заповедника II разряда с 1939 по 2020 гг. [2] и данные автоматической метеостанции «Сокол М1» с 2021 года по настоящее время.

Оценка погоды какого-либо периода времени: года, сезона, месяца проводится путем сопоставления ее показателей с общими показателями климата того же периода времени этой местности. При этом среднесезонное значение показателей погоды принимают за норму. Погодные условия года оценивались по отклонениям фактических показателей от среднесезонных значений (от нормы), выраженными в долях среднеквадратического отклонения – σ , что позволяет сопоставлять различные показатели климата или погоды в целом по году, по сезонам и месяцам. Для более точной качественной характеристики погодных явлений на основе количественной оценки применяется шкала [1]. По этой методике проводится ежегодная оценка погодных явлений и позволяет дать оценку изменения погодных условий с 1939 года по настоящее время.

Все математические расчеты были сделаны в программе MS Excel LTSC. Для построения уравнений множественной регрессии использовали инструмент «Регрессия» блока «Анализ данных» Excel. В качестве показателя тренда взят коэффициент детерминации R^2 – показывающий, какая часть варьирования изучаемого параметра зависит от фактора времени [4]. Коэффициент детерминации во временных рядах используют как показатель линейного тренда. Знак перед R^2 указывает на характер изменений: знак «-» – уменьшение по значению, знак «+» или его отсутствие – увеличилось по значению.

Календарная весна 2024 года по температурному режиму была очень теплой и очень сухой. Средняя температура воздуха сезона +9,3°C (+1,42 σ) превысила норму +6,8°C на 2,5°C. Абсолютный максимум весны зафиксирован в мае с температурой воздуха +34,8°C 31 числа, минимум отмечен в марте (-13,7°C) 8 числа. Самая теплая весна, за весь период наблюдений Хоперской метеостанцией с 1939 года, была в 1975 году со средней температурой воздуха +10,7°C, а вот самая холодная календарная весна отмечалась в 1945 году +2,0°C.

Повышение средней температуры в весенний сезон подтверждается статистически, линейный тренд за 85-летний период составляет – 0,33°C / 10 лет (рис.1).

Устойчивый переход среднесуточной температуры через 0°C к положительным значениям отмечен 15 марта.

Сумма выпавших осадков 34,6 мм (-1,81 σ) оказалась в три раза меньше среднего многолетнего количества 115,4 мм. И это первая самая сухая весна с 1939 года. 1975 год теперь занимает вторую строчку по засушливости весной – 44,1 мм. Обильное выпадение осадков за весь период работы Хоперской метеостанцией отмечалось в 2016 году, тогда за календарную весну выпало 241,4 мм

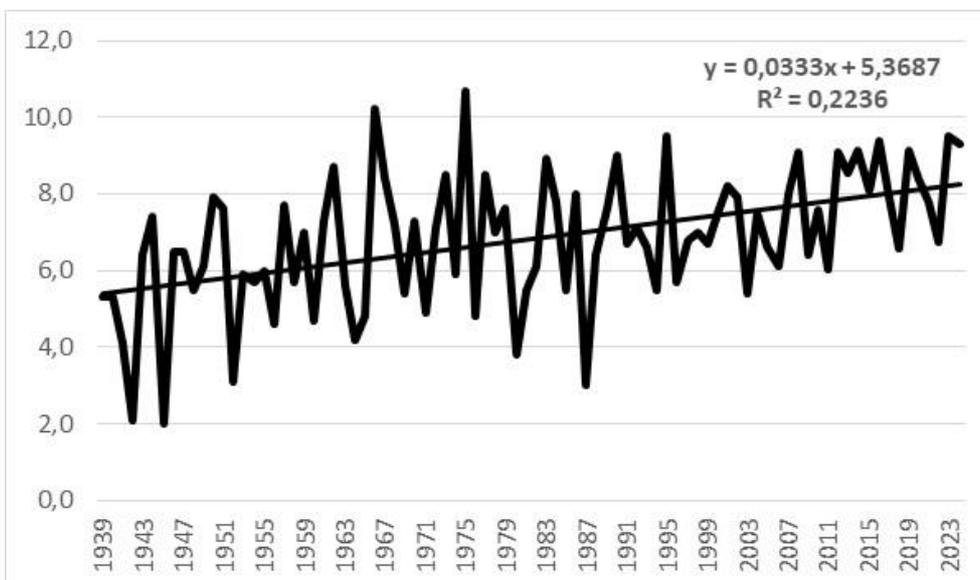


Рис. 1. Многолетняя динамика средних температур воздуха (°С) календарной весны с линией тренда (1939 – 2024 гг.)

Анализ линейных трендов динамики сумм осадков выявил их уменьшение, которое составило – 2,16 мм за 10 лет (рис. 2).

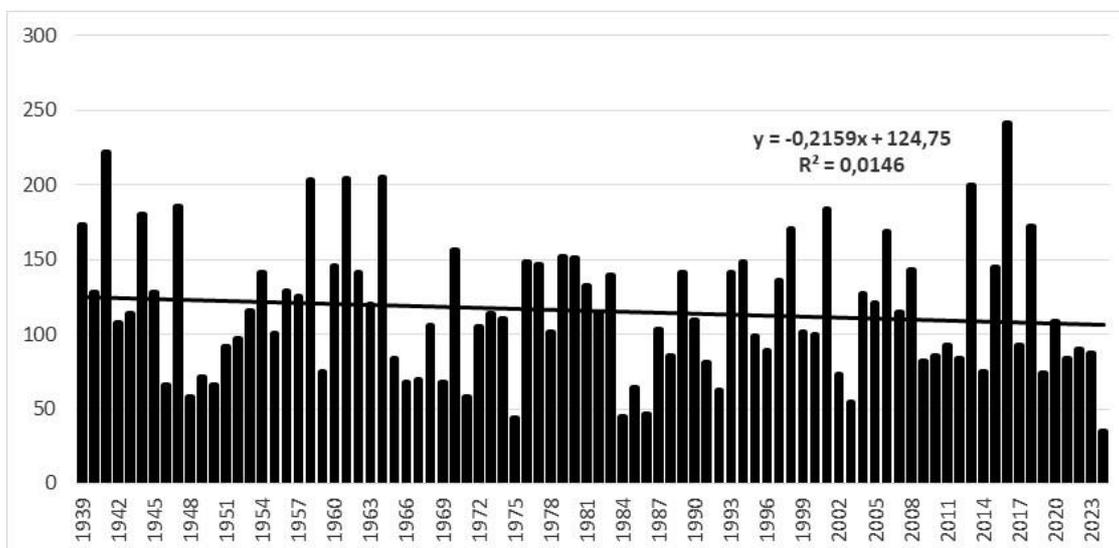


Рис. 2. Многолетняя динамика суммы осадков (мм) календарной весны с линией тренда (1939 – 2024 гг.)

Одним из значимых показателей погодно-климатических факторов, влияющих на биогеоценозы заповедника, является относительная влажность воздуха. На территории заповедника весной она составляет в среднем 71%. По относительной влажности воздуха весна была суше обычного 68% (-0,53σ) от нормы 3,0%, с разницей по месяцам.

Анализ изменений относительной влажности воздуха исследуемого периода показал тенденцию к снижению весенних показателей на 0,76% / 10 лет (рис. 3).

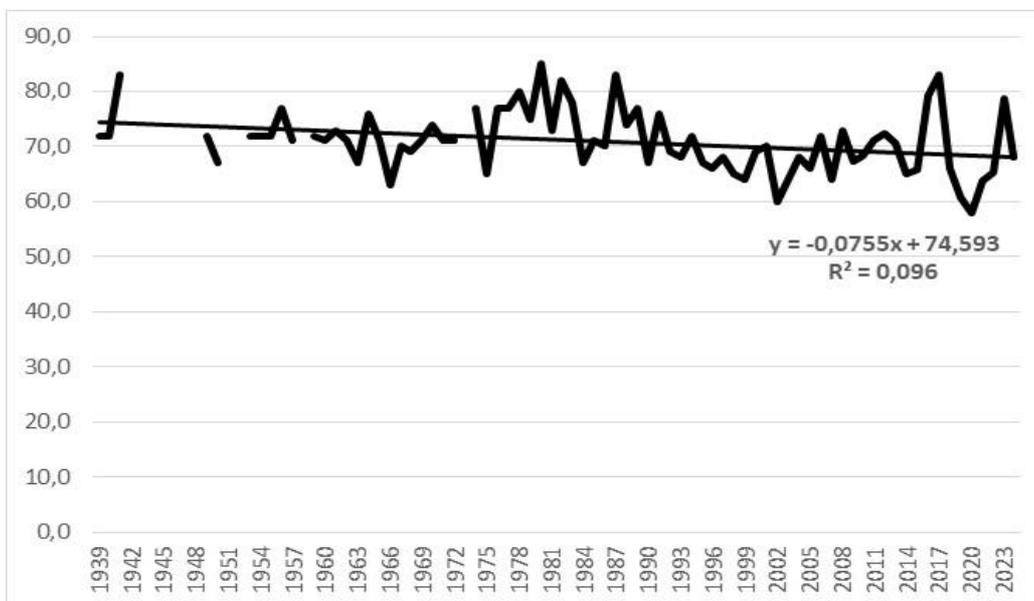


Рис. 3. Многолетняя динамика относительной влажности воздуха (%) календарной весны с линией тренда (1939 – 2024 гг.)

Весной преобладали ветра ССВ и ЮЮЗ направления (рис. 4).

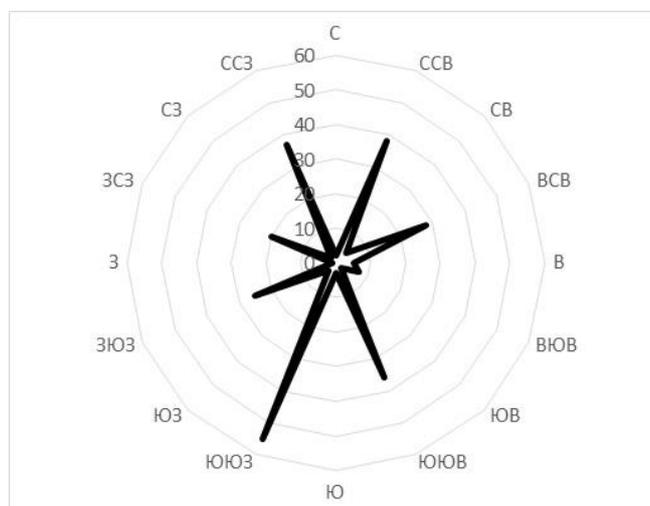


Рис. 4. Роза ветров в весеннем сезоне 2024 г.

В Хоперском заповеднике месяцы минувшей весны выходили на экстремальные погодные показатели.

Так, 31 марта обновился абсолютный максимум месяца $+22,8^{\circ}\text{C}$ ($+2,20\sigma$), прежний экстремум $+22,0^{\circ}\text{C}$ принадлежал 2020 году. Минимум месяца зафиксирован 8 марта, когда утром температура опустилась до $(-13,7^{\circ}\text{C})$ ($-0,53\sigma$). Среднемесячная температура марта составила $+0,4^{\circ}\text{C}$ ($+0,84\sigma$), что выше нормы на 2,8 градуса. Март 2024 года, стал одним из засушливых, за последние 85 лет. В первый месяц весны выпало только 6,1 мм ($-1,49\sigma$) или 17 % осадков. При этом норма составляет 35,3 мм осадков, а вот в 2015 году осадков не было и вовсе. Воздух в марте был влажнее обычного – 83% ($+0,34\sigma$) при норме 80%. Преимущественные направления ветра в марте наблюдались ВСВ и ССЗ. Дата схода снега в 2024 году – 23 марта, при

среднегодовой норме 28 марта (-0,44 σ). Первые проталины весной появились в лесу 18 марта (-0,06 σ), в поле 10 марта (-0,25 σ), при среднегодовых значениях 19 и 14 марта соответственно. Последний снегопад наблюдался 18 марта, что на 17 дней раньше среднегодовой нормы (-1,27 σ).

Прошедший апрель выдался самым теплым за всю историю метеонаблюдений с 1939 года. Средняя температура воздуха за апрель составила +14,7 $^{\circ}$ C (+2,71 σ), что выше нормы на 6,8 градусов. Прежний рекорд +13,6 $^{\circ}$ C продержался с 1975 года. А вот рекордсменом по абсолютному максимуму дневных температур апрель не стал, но все же запомнился по высокой температуре +30,4 $^{\circ}$ C (+1,91 σ) во второй декаде месяца – 11 апреля. В 1950 году дневной максимум температуры был отмечен в конце месяца – 30 апреля, +31,1 $^{\circ}$ C. Минимум месяца зафиксирован 20 апреля, когда утром температура опустилась до -0,9 $^{\circ}$ C (+1,11 σ). Осадков в апреле выпало меньше обычного – 22,3 мм, что составляет 64% от месячной апрельской нормы. 21 апреля, на 7 дней раньше нормы зафиксирована первая гроза. Относительная влажность воздуха апреля составила 63% (-0,77 σ), т.е. на 5,0% меньше обычной. В апреле преобладали ветра ЮЮВ и ЮЮЗ направления.

Май запомнился заморозками. Автоматическая метеостанция «Сокол М1» в течение мая зафиксировала отрицательную температуру воздуха восемь раз, минимум месяца составил (-5,7 $^{\circ}$ C) 10 мая и этот показатель второй с 1939 года, и повторяет отрицательную температуру воздуха 1999 года. Последний заморозок в мае 2024 года (-1,1 $^{\circ}$ C) был 25 числа. Средняя температура мая +12,8 $^{\circ}$ C (-1,08 σ) оказалась на 2,2 градуса ниже нормы. Май также поспешил на атмосферную влагу — выпало 6,2 мм осадков, при норме 45,3 мм или 14 %. В мае относительная влажность воздуха составила 58% (-0,74 σ), при норме 64%. В мае преобладали ветра ССВ и ЗЮЗ направления. В мае было вновь зафиксировано северное сияние – нетипичное природное явление для наших мест.

За 85-летний период метеонаблюдений в Хоперском заповеднике отмечена тенденция к повышению среднегодовых, абсолютных максимальных и минимальных температур воздуха. Отмечены достоверные линейные тренды увеличения температуры воздуха весной, за счет марта (0,64/10 лет) и апреля (0,33/10 лет). Отрицательным фактом следует отметить и тенденцию уменьшения количества осадков.

Среди наступления погодных явлений, отрицательным можно считать смещение дат на более ранние сроки – появления проталин в лиственном лесу, на поле, схода снега. На более поздние – дата образования устойчивого снежного покрова. Эти изменения основных погодно-климатических показателей и явлений подтверждаются значительным увеличением безморозного периода и уменьшением периода со снежным покровом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков В.И. Методика и опыт количественной оценки погодных и гидрологических явлений в Хоперском заповеднике за период 1939-1971 гг. // В.И. Бирюков, А.С. Ланьшин, В.В. Степин // Дубравы Хоперского заповедника: в 2 ч. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1976. – Ч. I: Условия местопроизрастания насаждений. – С. 31-55.

2. Бирюков В.И. Погодно-гидрологические характеристики территории Хоперского государственного природного заповедника: справочные таблицы / В.И. Бирюков. – Воронеж: Изд. «Полиграф». Центр Воронеж. Гос. пед. ун-та, 2011. – 132 с.

3. Короткова О.Е. 2022. Динамика явлений и процессов в природном комплексе заповедника. «Летопись природы» за 2022 г. Кн. 77. 250 с. (Рукоп. // Арх. Хоперского заповедника. Рег. № 79).

4. Пузаченко А.Ю., Пузаченко А.Г. 1998. Анализ многолетних наблюдений на основе данных «Летописи природы»: оценка параметров динамики. – Методические рекомендации для сотрудников заповедников. Машинопись. – 76 с.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ЦЕЛЯХ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

И.Е. Кузнецов, Е.В. Шувакин
vaiumet@mail.ru, argentina_85@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Происходящие в настоящее время глобальные изменения климата предопределяют необходимость их учета в качестве одного из ключевых долговременных факторов безопасности Российской Федерации и выдвигают проблему адаптации к климатическим изменениям в число приоритетов государственной политики [1, 2]. В связи с этим особое значение приобретает разработка на национальном и международном уровнях климатических политик, включающих меры по адаптации к произошедшим изменениям, а также по смягчению их последствий. Кроме того, большей частью мирового научного сообщества прогнозируется дальнейшее усиление негативных для человека глобальных климатических процессов особенно в Арктическом регионе.

Арктика приобрела статус территории с особыми экономическими интересами множества государств. Проводимые Российской Федерацией мероприятия, направленные на развитие экономического потенциала региона показали, что на функционировании организационно-технических систем (ОТС) различного назначения, существенные ограничения накладывают специфические климатические условия. Эта специфика заключается в комплексном воздействии климатических факторов на персонал, технику и объекты инфраструктуры, объединенные между собой в ОТС.

Проведенный анализ физико-географических особенностей Арктики, требований нормативно-правовых документов по оценке и нейтрализации негативного влияния экстремальных погодных условий на авиационную ОТС, а также результаты современных научных исследований по оценке гидрометеорологической безопасности (ГМБ) указывают на потенциальное снижение возможностей функционирования авиации в данном регионе [3, 4]. Кроме того, влияние экстремальных погодных условий объективно увеличивают риски и угрозы ГМБ для рассматриваемой авиационной ОТС путем увеличения периодов аномального холода, роста количества опасных явлений погоды, деградации вечной мерзлоты и т.д.

Для парирования угроз и снижения рисков ГМБ авиационной ОТС функционирует система метеорологического обеспечения (СМО), основной целью которой является гарантированное предоставление органам управления необходимой метеорологической и климатической информации. Данная система совершенствуется в соответствии со стоящими перед органом управления задачами, наращивается и адаптируется исходя их

существующих технических и научно-методических возможностей путем оперативного внедрения инновационных подходов.

В трудах ведущих научных исследователей в области климатологии [2, 5] сформулированы основные подходы адаптации к климатическим изменениям и обеспечению потребителя специализированной метеорологической и климатической информацией, позволяющие снижать влияние неблагоприятных погодных-климатических условий, выработать рекомендации по адаптации к ним и принимать на их основе управленческие решения. Данные подходы имеют общую теоретическую направленность к обоснованию мероприятий адаптации к климатическим изменениям отраслей экономики, которую предлагается развивать в каждой конкретной ОТС.

Рассмотрим пример адаптации авиационной ОТС, функционирующей в Арктике к происходящим изменениям климата. Эффективность действий авиации в данном регионе в значительной степени будет зависеть от уровня ее метеорологического обеспечения, основанного на предоставлении метеорологической службой информации о состоянии атмосферы. В то же время, применение существующего научно-методического комплекса обеспечения авиационной ОТС актуальной, достоверной и достаточной метеорологической и климатической информацией, не всегда возможно ввиду наличия ряда организационно-управленческих и научно-методических проблем, требующих современного научно-методического обоснования.

Данные проблемы находят отражение в функционировании элементов действующей в системе метеорологического обеспечения (СМО) авиации [6], основывающейся на работе метеорологической сети Росгидромета, а именно:

- сеть гидрометеорологических и аэрологических наблюдений в Арктике редкая, что, в свою очередь, обуславливает отсутствие оперативной информации по изменению погодных условий. В этой связи, подсистема наблюдений на стационарных пунктах и подвижных объектах за состоянием атмосферы не позволяет в полной мере обеспечивать потребителя информацией с необходимым пространственно-временным масштабом, что снижает репрезентативность и точность расчетов параметров атмосферы, формирующих климат, других климатических показателей и индикаторов его изменения;

- ухудшение работы подсистемы сбора и распространения данных наблюдений и обработанной информации, ввиду возможного закрытия метеорологической информации граничащими иностранными государствами, приводит к снижению эффективности функционирования других подсистем;

- подсистема обработки полученной информации в целях анализа и прогноза погоды не позволяет в достаточной степени детализировать, научно обосновывать особенности влияния погодных условий на авиационные организационно-технические системы;

- отсутствие явно выраженной подсистемы управления метеорологическим обеспечением, приводит к ухудшению качества деятельности всей СМО и снижению оперативности распределения потоков информации между потребителями, прогностическими органами и лицом, принимающим управленческое решение (ЛПР).

Указанные проблемы функционирующей СМО не позволяют в достаточной степени обеспечить потребляющий орган управления, лицо, принимающее решение (ЛПР) метеорологической и климатической информацией надлежащей специализации и качества. В связи с этим, возникает противоречие между объективно возникающей необходимостью обеспечения специализированной погодных-климатической информацией для поддержки принятия потребителем метеозависимых решений с одной стороны, и недостаточным уровнем развития организационно-управленческого и научно-методического

комплекса ее получения и применения – с другой.

Для разрешения указанного противоречия необходимо организовать СМО, таким образом, чтобы предоставляемая по результатам ее работы, информация поддерживала принятие рационального решения на применение авиации с максимальным качеством. Для этого представим процесс метеорологического обеспечения потребителя (ЛПР) информацией в виде системы поддержки принятия метеозависимого решения (СППР) на применение авиации (рис. 1). Процесс представлен в виде схемы, в которой связи СМО с внешней средой реализуются через входы и выходы.

Формализация процесса метеорологического обеспечения принятия решения органом управления авиацией представляется следующим образом. Пусть в Арктическом регионе базируется авиационное формирование (АФ). Эффективность выполнения задачи J по предназначению АФ зависит от видов обеспечения, в том числе от метеорологического обеспечения, которое заключается в эффективном функционировании СМО Z . Данная система зависит от влияния факторов внешней среды ξ_i ($i = 1, 2 \dots n$) и ресурсных возможностей АФ по выполнению поставленной задачи, допустим q_j ($j = 1, 2 \dots n$) – const, являющимися входными возмущающими воздействиями системы Z .



Рис. 1. СППР в процессе метеорологического обеспечения

На систему Z ЛПР оказывает управляющее воздействие путем указаний на подготовку предложений для достижения цели (результата) выполнения задачи J АФ. Принимаемое ЛПР решение, по выполнению АФ задачи должно быть рациональным (оптимальным) $P(J) \rightarrow opt$, и приниматься на основе различных вариантов действий – альтернатив выбора $A_{ij}(\xi_i, q_j)$, зависящих от входных в систему параметров. Результатом функционирования системы Z является – выходное воздействие системы (обратная связь) – показатель $J(A) \rightarrow max$, показатель, определяющий качество выбора альтернативы. Тогда метеозависимое решение представляется в виде – $P = \{Z(J(A))\}$.

Анализ рассмотренной СППР, показывает зависимость рациональности принимаемых решений от факторов внешней среды, что для устойчивой и эффективной работы СМО требует актуальной и достоверной и достаточной метеорологической информации, точных методов ее обработки и аутентичного представления ЛПР.

Выход из сложившейся ситуации требует решения научной задачи по разработке научно-методического аппарата, позволяющего получать надежную и достоверную информацию, оценивать на ее основе влияние погодно-климатических условий, разрабатывать рекомендации и предложения для выработки ЛПР рационального (оптимального) решения по организации функционирования авиации в неблагоприятных изменяющихся климатических условиях Арктического региона.

На основе СППР в процессе метеорологического обеспечения формализация научной задачи представляется в следующем.

Для подготовки выводов из оценки обстановке функционирует система метеорологического обеспечения Z . Система состоит из взаимосвязанных элементов $Z = \langle \Delta, \Theta, A, \Psi, \Omega \rangle$ [7]. В зависимости от достоверности входящей метеорологической и климатической пространственно-временной информации состояние системы меняется $Z_1, Z_2 \dots Z_n$. Соответственно:

$\Delta = \{b_1, b_2\}$ – подсистема управления, состоящая из органа управления;

$\Theta = \{y_1(\xi) \dots y_n(\xi)\}$ – подсистема гидрометеорологических наблюдений, состоящая из сведений о метеорологических величин и явлениях погоды;

$A = \{x_1(y) \dots x_n(y)\}$ – подсистема технологий обеспечения гидрометеорологической информацией (ГМИ), результатом функционирования которой являются обработанные данные;

$\Psi = \{M_1(x) \dots M_n(x)\}$ – подсистема методологии анализа ГМИ, совокупность методов и способов расчетов специализированных метеорологических показателей, критериев и значений;

$\Omega = \{A_{ij}(\xi_i, q_j)\}$ – подсистема поддержки и принятия метеозависимых решений, представляет собой программные и математические и аналитические подходы в расчете альтернатив выбора для принятия рационального решения ЛПП при существующей внешней среде ξ_i и боевых возможностях АФ q_j .

Необходимо найти для любого элемента системы такие оптимальные варианты функционирования, при которых показатель качество выбора альтернативы $J(A) \rightarrow \max$. Тогда $J(A) = \{Z(b, y, x, M)\}$.

Решение научной задачи повлечет за собой модификацию существующей СМО [6], которая будет ориентирована на решение вышеуказанного противоречия. Структурная схема модифицированной СМО интегрированной в процесс модель принятия органом управления авиацией представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Модифицированная система метеорологического обеспечения

Анализ функциональных связей элементов модифицированной СМО и существующих организационно-управленческих и научно-методических проблем метеорологического обеспечения авиации в Арктическом регионе показывает, следующие пути оптимизации:

1. В рамках организации подсистемы гидрометеорологических наблюдений необходима сеть станций (постов), позволяющих производить наблюдения и передавать сведения о визуальных и инструментальных измерениях состояний и свойств атмосферы в прогностический орган в пределах зоны ответственности. Возможным решением могло бы стать развертывание сети автоматических станций и постов;

2. Подсистему технологий обеспечения ГМИ необходимо построить как взаимосвязанную совокупность технических средств, программно-аппаратных комплексов и технологических процессов преобразования сведений о погоде в формализованные гидрометеорологические данные.

3. Подсистема методологии анализа ГМИ должна представлять собой совокупность методов, способов, приемов, методик и алгоритмов анализа и обобщения данных о погоде для целевого назначения.

4. Подсистема управления представляет собой орган управления, выполняющего информационную, планирующую, прогнозирующую, регулирующую, учетно-отчетную и контрольную функции. Данная подсистема должна не только обеспечивать выполнение поставленных ЛПР задач, но иметь возможность управлять своими силами и средствами таким образом, чтобы оперативно распределять потоки ГМИ в звеньях: потребитель – прогностический орган – взаимодействующий орган.

5. Необходима организация и внедрение подсистемы поддержки принятия метеозависимых решений. Это обусловлено разнонаправленностью влияния метеорологических условий на различные аспекты функционирования АФ, что приводит к перегруженности ЛПР информацией по одним задачам и малоинформативности по другим, особенно в Арктическом слабоосвещенном в метеорологическом отношении регионе. Выходом из сложившейся ситуации была бы разработка новой методологии обеспечения метеорологической информацией, основанной на теории экономического обслуживания, искусственного интеллекта и принятия решения. Реализация данной методологии должна представлять собой совокупность альтернатив выбора форм и способов действий, зависящих от метеорологической обстановки и возможностей АФ.

Таким образом, современные тенденции увеличения экономического потенциала в Арктике определяют необходимость совершенствования СМО авиации в данном регионе, в том числе и по представленным в работе направлениям. Данная система должна обрабатывать большие объемы данных и в короткие сроки формировать обоснованные выводы из оценки обстановки, на основе которых ЛПР будет вырабатывать рациональное решение на применение авиации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бедрицкий А.И., Куролап С.А., Вильфанд Р.М., Дмитриева В.А. Стратегические направления обеспечения экологической и гидрометеорологической безопасности России в условиях современных климатических изменений // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология. – 2019. – № 4. – С. 5–14.

2. Катцов В.М., Хлебникова Е.И., Школьник Н.М., Рудакова Ю.Л. Вероятностное сценарное прогнозирование регионального климата на основе разработки адаптационных программ в экономике РФ // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 5. – С. 46–58.

3. Модели и методы гидрометеорологического обеспечения организационно-технических систем в Арктической зоне Российской Федерации / Под ред. д.т.н. И.Е. Кузнецова. Монография. – Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2019. – 244 с.

4. Шипко Ю. В., Шувакин Е. В., Земцов С. С. Модель обобщенного показателя безопасности работ на открытой территории в холодное время // Навигация и гидрография. – 2016. – № 44. – С. 79–85.

5. Эдельгериев Р.С.Х., Романовская А.А. Новые подходы к адаптации к изменению климата на примере АЗ РФ // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 5. – С. 12–18.

6. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – 490 с.

7. Данеев А.В., Воробьев А.Е., Лебедев Д.М., Мастин А.Б. Методика формирования комплекса средств управления сложной организационно-технической системой // Вестник Бурятского государственного университета. – 2010. – № 9. – С. 263–268.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ В 2024 ГОДУ

*Е.В. Кюль¹, А.К. Ахсалба², Х.Ю. Гузиев¹, З.С. Нирова¹, М.Т. Юанов¹,
С.И. Марандиди², Р.Ю. Жиб², Р.Ф. Ломия², И.П. Нешенко², Р.Д. Авидзба²
elenakyul@mail.ru, ie-ana@mail.ru*

¹*Центр географических исследований КБНЦ РАН, г. Нальчик, Россия,*

²*Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум, Абхазия*

Введение. В данной работе рассматриваются основные геоэкологические проблемы на территории Республики Абхазия, в первую очередь, это широкое развитие опасных склоновых (поверхностный смыл, оползни, обвалы, осыпи) и русловых (сели и паводки) Последствия схода данных процессов влияют на устойчивость горных геосистем, что значительно снижает уровень их безопасности и в конечном итоге серьезно ограничивает любую деятельность в горных регионах. При этом масштабных комплексных исследований до данному научному направлению на территории Республика Абхазия не проводилось. Достаточно хорошо изучен климат и связанные с ним ОПП [3,4]. В июне 2024 года, авторами были проведены полевые работы по выявлению опасных природных процессов (ОПП) и пространственных закономерностей их распределения на исследуемой территории. *Район исследований:* Западная Абхазия. Бассейн р. Гумиста с истоками (Западная и Восточная Гумиста) с сельскохозяйственным типом землепользования и оползневыми процессами. Морское побережье в районе г. Пицунда с окрестностями с рекреационным и природоохранным (Пицундско-Мюссерский заповедник) типами землепользования с береговой эрозией и оползневыми процессами; Восточная Абхазия. Бассейн р. Мачара (Военно- Сухумская автодорога) с сельскохозяйственным типом землепользования и комплексом ОПП. Бассейн р. Аалдзга с горнодобывающим типом землепользования и антропогенными ОПП (просадки, оползни). Бассейн р. Ингури (Гальское водохранилище) с гидротехническим типом землепользования и антропогенными ОПП (береговая эрозия, заболачивание и др.); автодорога Псоу- Гал (инженерно-коммуникационный тип землепользования). Комплекс ОПП. Основной целью исследований является получение численных оценок подверженности территории ОПП с учётом освоённости (по типам землепользования). *Научная и практическая значимость* проводимых работ достаточно высоки, так как позволяют разработать рекомендации для дальнейшего устойчивого освоения и развития конкретной территории с учётом ее природно-климатических особенностей и хозяйственной деятельности.

Материалы и методы исследований. Мониторинговые исследования проводились по главным речным бассейнам в рамках развиваемой методологии в Центре географических исследований Кабардино-Балкарского научного центра РАН (ЦГИ КБНЦ

РАН) по оценке влияния ОПП на горные ландшафты [1,2,5]. При описании ОПП использовались авторские классификации [1,2].



Рис. 1. Типы ОПП в бассейне р. Мачара (Военно- Сухумская автодорога): -слева сверху – микросель по левому притоку р. Мачара (на левом борту -линза майкопских глин с повышенным содержанием радона; справа сверху-оползень на левом борту р. Мачара; слева внизу-паводок по формирующемуся эрозионному врезу по левому борту р. Мачара; -справа внизу-селевая долина по р Мачара

Результаты исследований. По результатам полевых выездов выявлены ОПП с привязкой их по речным бассейнам с координатами и фотоматериалом (более 2000), что дает возможность ведения мониторинга на данных участках. Определены ведущие и сопутствующие ОПП: тип и размеры, в частности, оползневых (ОМ) и обвально-осыпных (ООМ) массивов (проведены замеры дальномером, сняты следующие характеристики-длина, высота, угол наклона, глубина захвата рыхлых масс, что позволяет, в дальнейшем, рассчитать площадь и объем). Также определены степень освоенности территории и тип землепользования (рис. 1).

Кроме того дополнительно были намечены участки под георадиолокационные исследования (участки автодороги с мостами), а также проведены замеры α -, β -, γ -излучения (дозиметр-радиометр МКС-03СА) и радона в горных породах (в основном, майкопские глины) и поверхностных водах, в т.ч. минеральных источниках (сс. Кындыг и Мархяул) (Sirad MR-106 N)

Выводы. В результате проведенных мониторинговых работ было установлено, что ведущими типами ОПП на исследуемой территории являются паводки и поверхностный смыв (это связано с состоянием растительности-лесные массивы находятся в неудовлетворительном состоянии, необходимы фитопатологические исследования, а также бесконтрольными вырубками и лесными пожарами, необходимо проведение рубок ухода), а также оползни, осыпи и обвалы (подрезка склонов при расширении автодорог, а также из-за отсутствия водоотводящих сооружений). При этом освоенность горных территорий незначительная (отдельные, частично заброшенные сёла). Применительно к сельскохозяйственному типу землепользования можно ввести дополнительно такой тип, как неиспользуемые или заброшенные земли. Несмотря на низкую освоенность, наблюдается активизация ОПП за счёт изменения в первую очередь, климатических условий и из-за распространения осадочных легко разрушаемых и, в частности, закарстованных горных пород. При этом обнаружены значительные превышения значений α -, β -, γ -излучений и радона, что требует дополнительных специализированных исследований. В дальнейшем, геоэкологические исследования будут продолжены по вышеназванным направлениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кюль Е.В. Геоэкологические исследования на территории Кабардино-Балкарской Республики за период с 2012 по 2018 годы / Е.В. Кюль, Е.А. Корчагина, Д.Р. Джаппуев. Том 1. – Нальчик : Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, 2019. – 170 с. – ISBN 978-5-901497-95-1. – EDN SPHQKK.

2. Кюль Е.В. Геоэкологические исследования на территории Карачаево-Черкесской Республики за период с 2012 по 2023 годы / Е.В. Кюль, Е.А. Корчагина, М.М. Гедуева [и др.]. – Нальчик : Кабардино-Балкарский научный центр РАН, 2023. – 288 с. – ISBN 978-5-6049404-2-6. – EDN XWCGCY.

3. Ломяя Р.Ф. Исследование зон Республики Абхазия, подверженных водной эрозии / Р.Ф. Ломяя, А.К. Ахсалба // Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий : материалы VII Международной научно-практической конференции, Майкоп, 15–19 мая 2023 года. Том Часть 2. – Майкоп: Индивидуальный предприниматель Кучеренко Вячеслав Олегович, 2023. – С. 21-29. – EDN XGLVRG.

4. Экба Я.А. Влажность приземного слоя воздуха как главный фактор формирования основных климатообразующих элементов / Я.А. Экба, А.К. Ахсалба, Л.В. Хинтуба // Проблемы физики атмосферы, климатологии и мониторинга окружающей среды : До-

клады IV Международной научной конференции, Ставрополь, 23–25 мая 2022 года. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2022. – С. 24-31. – EDN VAJUWZ.

5. Kyul E.V. Geocological monitoring of dangerous natural processes / E.V. Kyul // International Journal of Ecology and Development. – 2020. – Vol. 35, No. 2. – P. 55-56. – EDN WBZIEQ.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СРОКИ МИГРАЦИЙ ВОДОПЛАВАЮЩИХ ПТИЦ ФЕННОСКАНДИИ

О.Н. Мандрыка, А.В. Романова
omandryka@yandex.ru, sova-ru@yandex.ru

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Климатические факторы оказывают влияние на распространение, динамику популяции и миграционные стратегии таких многочисленных и важных для функционирования экосистем Арктической зоны животных как птицы. Это влияние редко изучается у арктических водоплавающих птиц особой географической страны Фенноскандии. Фенноскандия – это выделенная природная страна общей площадью около 1,88 млн. км², находится целиком на Балтийском геологическом щите, в связи с этим обладает специфическим рельефом и биоразнообразием. Включает в себя бореальный и субарктический ландшафты.

Миграции птиц – сложный и до сих пор малоизученный процесс. Не до конца известно, какие метеорологические факторы на него влияют. Однако известно, что могут влиять погодные показатели не только в местах гнездовых, но и на всем пути следования птиц. Чаще всего для исследований изменений весеннего прилета используются температурные данные, однако они не могут точно показать все погодные условия, влияющие на поведение птиц. До тех пор, пока неизвестно как варьируют в рамках одного сезона экологические ограничения, накладываемые на мигрирующих птиц вдоль пути их следования, сделать прогнозы точного времени их прилета невозможно. Более ранний весенний прилет птиц в область гнездования в результате благоприятных погодных условий, что особенно касается арктического региона, увеличивает сроки размножения, позволяя подросшим птенцам больше окрепнуть и повысить вероятность своего выживания во время осеннего перелета [1, 6, 7].

В данной работе были рассмотрены такие климатические факторы как Северо-Атлантическое колебание (NAO), Арктическое колебание (АО), средняя температура приземного воздуха (ТПВ) во временных рядах за 52 года (с 1970 г. по 2022 г.) и их влияние на число встреч трех видов околотовных и водоплавающих птиц – обычных обитателей Арктики: чернозобая гагара (*Gavia arctica*), белошекая казарка (*Branta leucopsis*) и кулик-сорока (*Haematopus ostralegus*) [3, 5].

Актуальность данной работы заключается в необходимости изучения миграций птиц в Арктике, как одного из важнейших факторов динамики популяций, и их зависимости от погодных условий, в связи с тем, что подобные исследования проводятся крайне редко.

Первичные данные были получены из открытой базы данных по биоразнообразию GBIF (Global Biodiversity Information Facility) «Всемирный информационный фонд по биоразнообразию» и данных метеостанций на территории Фенноскандии – в России, Финляндии, Швеции и Норвегии [2, 4].

Все три изучаемых вида птиц являются типичными мигрирующими видами Арктики, ведут околоводный образ жизни, гнездятся на морских побережьях, косах, островах (кулик-сорока, белошекая казарка) или на внутренних пресных водоемах (чернозобая гагара). Весенние миграции этих видов птиц приурочены к становлению пригодных для размножения климатических характеристик: освещенности, температуры приземного воздуха (ТПВ) и температура воды, сход льда с водоемов, появление зеленых частей растений и увеличение их биомассы, увеличение биомассы кормовых видов беспозвоночных и рыб.

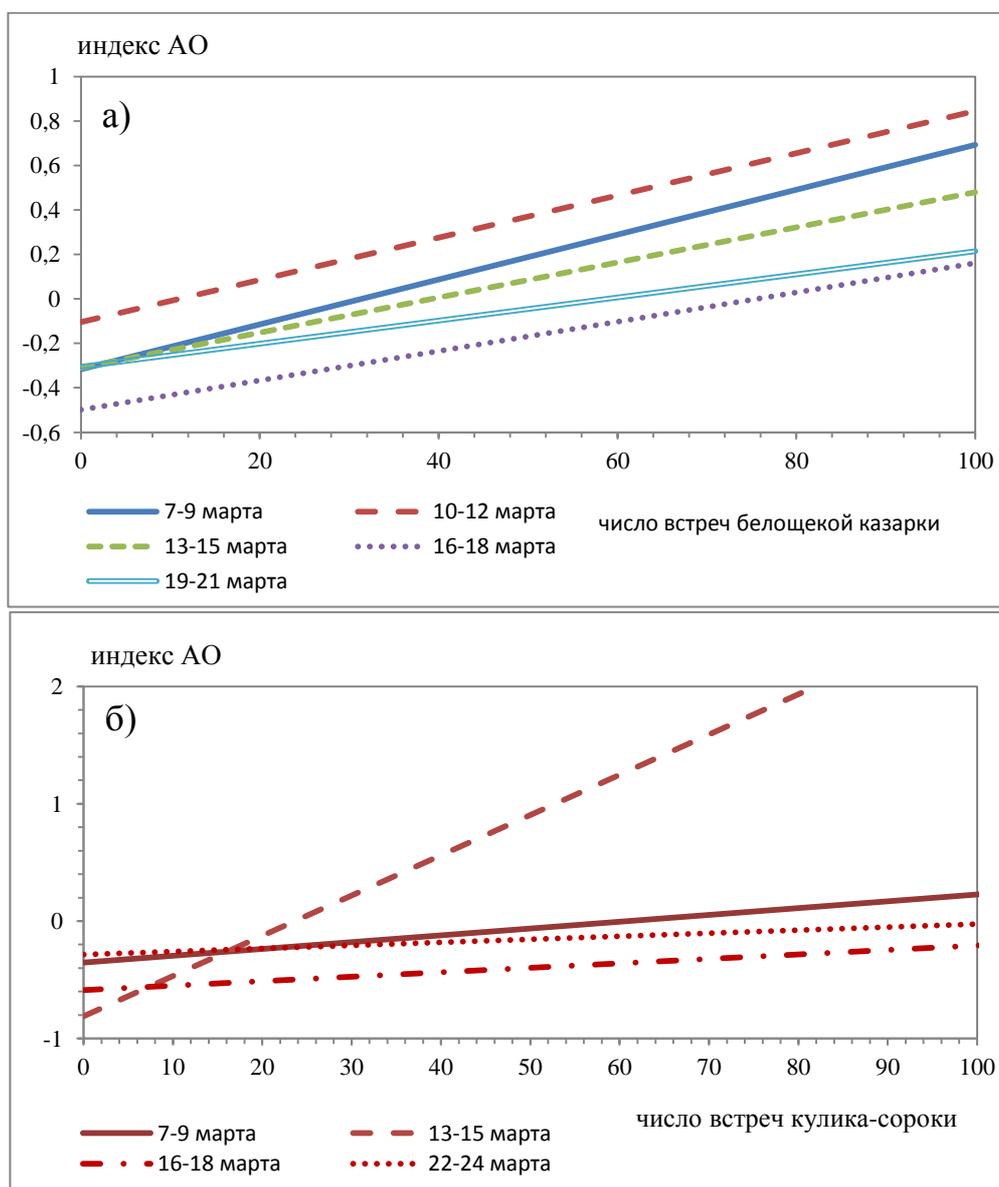


Рис. 1. Сравнение трендов зависимости числа встреч птиц с индексом АО (март) а) – белошекой казарки (*Branta leucopsis*), б) – кулика-сороки (*Haematopus ostralegus*)

Таблица 1

Распределение коррелирующих со встречами птиц климатических показателей Арктическое колебание (АО) и средняя температура воздуха ($t^{\circ}\text{C}$ ср.) по датам и видам птиц

Чернозобая гагара	-	$t^{\circ}\text{C}$ ср.	АО	-	АО	АО	-	-	-	-
Белошекая казарка	-	-	АО	АО	АО	АО	АО	-	-	-
Кулик-сорока	-	$t^{\circ}\text{C}$ ср.	АО	-	АО	АО	-	АО	-	-
	1-3 марта	4-6 марта	7-9 марта	10-12 марта	13-15 марта	16-18 марта	19-21 марта	22-24 марта	25-27 марта	28-31 марта

В работе было исследовано число встреч изучаемых видов птиц в марте месяце в динамике с 1970 по 2022 г.г. Проводился регрессионно-корреляционный анализ временных рядов данных между числом зарегистрированных встреч птиц с климатическими предикторами – NAO, АО и средней ТПВ. Анализ проводился по трехдневным отрезкам марта месяца для изучения взаимосвязи первой даты прилета (первой встречи птиц) с климатическими характеристиками и их изменениями во времени. Март месяц – начало массового пролета изучаемых видов птиц.

Индексы АО и NAO были получены из базы данных сайта национальной метеорологической службы NOAA, рассчитанные по методике Дж. Харрелла. Индексы усреднялись по 10 трехдневным отрезкам (1–3 марта, 4–6 марта, 7–9 марта, 10–12 марта, 13–15 марта, 16–18 марта, 19–21 марта, 22–24 марта, 25–27 марта, 28–31 марта).

Температурные показатели усреднялись по тем же десяти трехдневным отрезкам между несколькими метеорологическими станциями на территории Фенноскандии (г. Петрозаводск, г. Кемь, метеостанция на севере Норвегии – Slettnes Fyr, метеостанция в центре Норвегии – Buholmresa Fyr, метеостанция на западе Норвегии – Ullensvang Forsoksgard, метеостанция на севере Финляндии – Utsjoki Nuorgam).

Число временных рядов данных для анализа таким образом составило 30 шт. (по всем трем видам птиц).

С данными о встречах птиц за март месяц индексами АО, NAO и ТПВ был проведен многофакторный корреляционно-регрессионный анализ. В результате анализа выяснилось, что два (или, в некоторых случаях, все три) климатических предиктора приходится исключать из анализа, так как они либо не коррелировали с числом встреч, либо были дублирующими, либо неэффективными. Таким образом, задача свелась к простому регрессионному анализу с одним предиктором в 14-ти из 30 изначальных временных рядов. Анализ показал, что 2 временных ряда коррелировали со средней приземной температурой воздуха, и 12 рядов – с индексом Арктического колебания.

Проверка гипотезы о связи некоторых климатических показателей: Северо-Атлантического колебания, Арктического колебания и средней температуры приземного воздуха с числом встреч изучаемых трех видов птиц Фенноскандии на весеннем пролете и гнездовых ареалах – показала:

1. Связи числа встреч мигрирующих птиц с Северо-Атлантическим колебанием (NAO) на данном материале из базы GBIF не обнаружено.
2. В самом начале марта, в первые три дня число встреч птиц случайно и не зависит от изучаемых погодно-климатических факторов.
3. Средняя приземная температура воздуха положительно коррелирует с числом встреч птиц только в начале месяца (4–6 марта).

4. Обнаружена положительная корреляция миграций птиц с индексом Арктического колебания (АО), о чем исследований в литературе очень мало.

5. Основная связь встреч птиц с индексом Арктического колебания приходится на середину марта (13–18 марта). Вероятно, Арктическое колебание (АО) оказывает больший эффект на популяции птиц так как эти популяции возможно являются ближайшими мигрантами, весь год находящимися в погодных условиях, диктуемых Арктическим колебанием.

7. Также большое значение в увеличении числа встреч птиц имеет рост количества наблюдателей – профессиональных орнитологов, работающих по стандартным методикам в государственных программах учета птиц, и орнитологов-любителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Венгеров П.Д. Сроки весеннего прилета птиц в Воронежском заповеднике на фоне длительных климатических изменений // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Естественные науки». – 2015. – №3 (200). – С. 82–92.

2. Иванова Н.В. Возможности использования данных глобального портала о биоразнообразии GBIF в экологических исследованиях // Экология. – 2021. – № 1. – С. 3-11. – DOI 10.31857/S0367059721010066.

3. Национальная метеорологическая служба NOAA (подразделением Министерства торговли США) Climate.gov : official site. – URL: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-arctic-oscillation> (дата обращения: 2.06.2023).

4. GBIF.org Global Biodiversity Information Facility : official site. – URL: <https://www.gbif.org/> (дата обращения 29.03.2023) GBIF Occurrence Download: <https://doi.org/10.15468/dl.f7mua6>.

5. Hurrell J.W. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation // Science. – Vol 269. – Issue 5224. – pp. 676–679.

6. Moller A.P, Merila J. Analysis and interpretation of long-term studies investigating responses to climate change // Advances in Ecological Research. – 2004. – Vol. 35. – pp. 111–130.

7. Rainio K., Lehikoinen E., Terhivuo J. Climate change effects on avian migration. B. K. R. (ed.). – Turku : Turun yliopisto, 2008. – pp. 59–65.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДЛИННОВОЛНОВОГО РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА

А.Н. Махоткин
aktinom@mail.ru

*Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова,
г. Санкт-Петербург, Россия*

С внедрением на сети Росгидромета автоматизированных актинометрических комплексов (ААК) в пунктах актинометрических наблюдений на регулярной основе впервые стали проводиться измерения длинноволновых составляющих радиационного баланса: уходящей длинноволновой (земной) радиации E_u , создаваемой собственным излучением поверхности земли, и приходящей длинноволновой (атмосферной) радиации E_d , создаваемой тепловым излучением атмосферы [1].

До внедрения ААК регулярные наблюдения за E_d и E_u на территории России не

проводились в связи с чем имеющиеся в литературе экспериментальные данные о E_d и E_u весьма немногочисленны и отрывочны.

Измерения E_d и E_u выполняются с помощью пиргеометров CGR4, выпускаемых фирмой Kipp&Zonen. Пиргеометры CGR4 поверяются в отделе метрологии ГГО по эталонному пиргеометру CGR4, на специальной установке CFI фирмы «Kipp&Zonen».

В настоящее время непрерывная регистрация длинноволновой радиации выполняется в 22 пунктах актинометрических наблюдений, расположенных в различных регионах РФ: 9 пунктов расположены на ЕТР, 13 — на АТР.

Сбор информации о E_u и E_d и формирование архивов данных о длинноволновой радиации осуществляется в Главной геофизической обсерватории. По состоянию на конец 2023 г. информация регулярно поступала из 19 пунктов. В результате обработки первичной информации ежемесячно формируются файлы данных минутных и среднечасовых значений длинноволновой радиации ($Вт/м^2$). Наряду с данными о радиации в файлах содержатся средние часовые или минутные метеорологические характеристики: температура и относительная влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра, температура подстилающей поверхности. Для каждой станции также формируются электронные таблицы часовых сумм E_d и E_u ($Мдж/м^2$). Архив содержит данные о длинноволновой радиации с 2014 г., пополнение архива ведется ежегодно.

Объем накопленной к настоящему времени информации недостаточен для климатологических обобщений и оценки долговременных изменений длинноволновой радиации. Однако он вполне позволяет оценить закономерности изменения суточных и месячных сумм E_d и E_u ($МДж/м^2$), границы их колебаний в годовом и суточном ходе и экстремальные значения месячного и суточного разрешения.

Для определения закономерностей изменения длинноволновых составляющих радиационного баланса были проанализированы данные о E_d и E_u , полученные на расположенных в различных регионах России станциях Каргополь, Подмосковная, Самара, Верхоянск, Огурцово, Якутск, Садгород за период 2014–2023 гг. [2]. Для каждой станции получены месячные, суточные и часовые суммы E_d и E_u : средние за рассматриваемый период, СКО (σ), коэффициенты вариации (v) и пределы наблюдаемых колебаний (экстремальные значения сумм).

Анализ месячных сумм E_d и E_u показал, что в их годовом ходе выделяется максимум в летние (преимущественно в июле) и минимум — в зимние (январь–февраль) месяцы.

E_u имеет выраженный суточный ход с максимумом в 12–14 ч и «растянутый» минимум в ночное время (от 22 до 4 ч). Для E_d суточный ход выражен слабо, минимальные значения наблюдаются в ночные часы.

Наибольшее влияние на длинноволновую радиацию оказывают такие факторы, как температура воздуха и подстилающей поверхности, вертикальные профили температуры и влажности, количество облачности.

Предварительный анализ показал единообразие регрессионных коэффициентов для различных пунктов и значимую связь длинноволновой радиации с температурой почвы и воздуха.

Получаемые на сети Росгидромета данные о E_d и E_u обеспечивают создание информационной основы для мониторинга длинноволновой радиации на территории России. Накопленные к настоящему времени массивы позволили определить основные закономерности годового и суточного хода длинноволновых составляющих радиационного баланса.

В дальнейшем результаты систематических наблюдений за длинноволновой радиацией могут быть востребованы для тестирования расчетов и создания модели пространственно-временной изменчивости ДВР над территорией РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луцько Л.В., Ерохина А.Е., Бычкова А.П., Махоткина Е.Л., Махоткин А.Н., Бекенева О.Б. Актинометрическая сеть Росгидромета: текущее состояние // Труды ГГО. – 2018. – Вып. 589. – С. 125–152.
2. Махоткин А.Н., Махоткина Е.Л. Предварительные результаты прямых измерений длинноволновой радиации на станциях Росгидромета // Труды ГГО. – 2022. – Вып. 607. – С. 94–109.

ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

С.А. Новикова, И.А. Пономарев
eco-science@mail.ru

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

Загрязнение атмосферного воздуха автомобильным транспортом является актуальной экологической проблемой современности. Многие ученые прибегают к различным методикам и моделям для оценки уровня загрязнения атмосферы выбросами от автотранспорта. Так, в работе [6] использовались средства дистанционного зондирования и портативные устройства мониторинга, в результате чего было выявлено, что выбросы автотранспортных средств усугубляют образование озона и диоксида азота в атмосфере.

Как известно, на распространение примесей в атмосфере влияют климатические особенности территории [3]. Учеными [7] путем объединения статистического анализа многолетних данных (2013-2022 гг.) с моделью конвергентного перекрестного картирования, показано влияние метеорологических факторов на процесс распространения токсичных компонентов в атмосфере Пекина (Китай) от различных источников, включая автотранспортные средства (АТС). Погодные условия, характеризующиеся высокими температурами, интенсивностью солнечного излучения и низкой относительной влажностью, способствуют повышению концентраций в осенне-зимний период, что приводит к сокращению разрыва по выбросам загрязняющих веществ в городе и пригороде. Подобное исследование проведено в Москве (Россия). Специалистами оценено влияние климатических факторов и автотранспортной активности на уровень загрязнения атмосферы весной 2020 г. в период карантина, вызванного пандемией COVID-19. Отмечено снижение трафика и концентраций основных примесей, поступающих в атмосферный воздух в период ограничительных мер, на 30-50 % [1].

Проблема загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом рассмотрена и в других регионах Российской Федерации (РФ). Так, путем осуществления натурных видеонаблюдений за составом и интенсивностью движения транспортных потоков на автодорогах и последующих расчетов выбросов загрязняющих веществ, авторами [4, 2] проведено экологическое районирование и построены карты распределения концентраций вредных веществ в городах Иркутской области. На территории Иркутской области основными источниками выбросов вредных веществ являются промышленные предприятия, транспорт, лесные пожары [3]. Согласно информации ФГБУ «Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», в 2022 г. уровень загрязнения воздуха в городах Братск, Вихоревка, Зима, Свирск, Усолье-Сибирское, Че-

ремхово, Шелехов, Тулун, Бирюсинск был очень высокий, в Ангарске, Иркутске, Саянске – высокий.

В связи с этим вопрос диагностики и прогнозирования уровня атмосферного загрязнения в городах Иркутской области с целью разработки природоохранных мероприятий и совершенствования применяемых технологий является весьма актуальным.

По данным Федеральной службы государственной статистики авторами построены диаграммы динамики АТС в некоторых субъектах РФ за период 2014-2022 гг. Согласно данным МВД России в Иркутской области с 2008 г. до 2013 г. произошло увеличение количества легковых автомобилей, находящихся в собственности граждан, в среднем на 7,5 %. С 2014 г. прослеживается небольшое сокращение АТС на 0,5 %, а к 2016 г. – на 11 %, с 2019 г. до 2022 г. вновь наблюдается рост их количества. В целом, за период 2014-2022 гг. количество легковых, грузовых АТС и автобусов в Иркутской области сохраняет среднесноголетний тренд (рис. 1-3). Однако прослеживается тенденция к их незначительному сокращению. Уровень автомобилизации населения составляет 270,3 автомобиля на 1000 человек.

Среди других субъектов РФ, сопоставимых с Иркутской областью по площади и численности населения (таблица 1), наибольшее увеличение количества легковых автомобилей прослеживается в Пермском и Красноярском краях, стабильно высокие темпы роста наблюдаются в Ямало-Ненецком АО, Ханты-Мансийском АО – Югре, что коррелирует с ростом численности населения в этих субъектах РФ (см. рис. 1). Иркутская область на протяжении длительного периода лидирует по количеству автобусов (см. рис. 3).

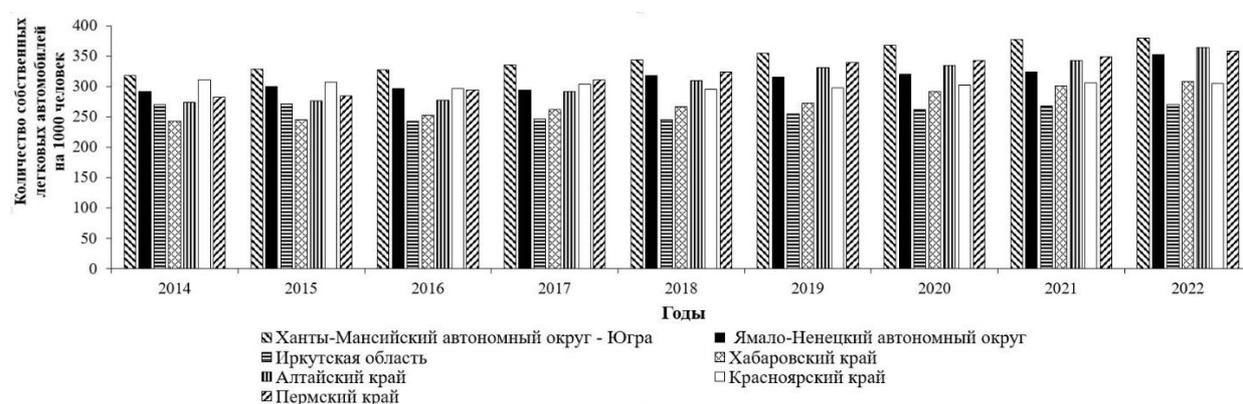


Рис. 1. Динамика количества собственных легковых автомобилей в некоторых субъектах РФ

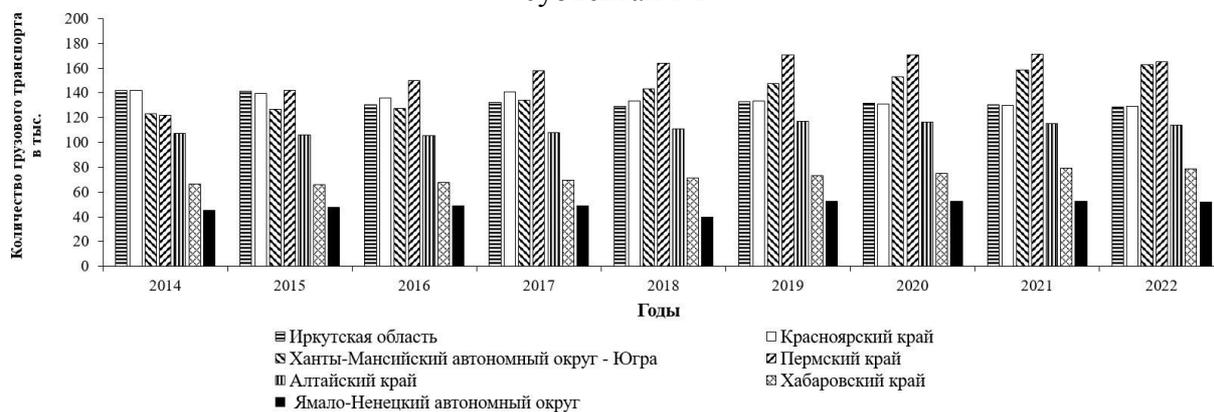


Рис. 2. Динамика количества грузовых автомобилей в некоторых субъектах РФ

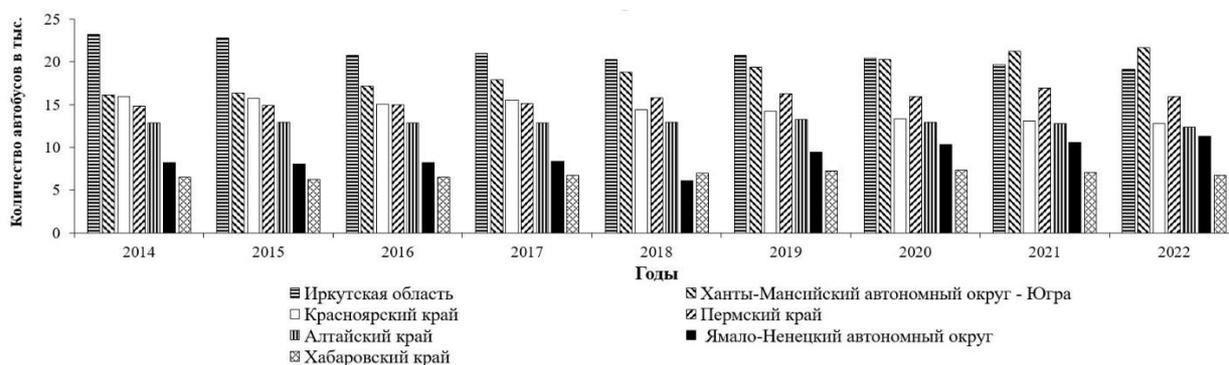


Рис. 3. Динамика количества автобусов в некоторых субъектах РФ

Таблица 1

Характеристики некоторых субъектов РФ на 2022 г.

Субъект РФ	Население на 2022 г. (млн. чел.)	Площадь (тыс. км ²)
Красноярский край	2,856	2366,8
Пермский край	2,525	160,2
Иркутская область	2,363	774,8
Алтайский край	2,155	168,0
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	1,714	534,8
Хабаровский край	1,293	787,6
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,511	769,3

По данным, представленным в государственном докладе о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году, авторами построены диаграммы динамики выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от АТС в некоторых субъектах РФ за период 2014-2022 гг. (рис. 4), который иллюстрирует снижение их количества в Иркутской области с 2019 г. Однако данное сокращение обусловлено тем, что за период 2014-2018 гг. расчет объема выбросов производился согласно методическим рекомендациям, основанным на Распоряжении Росприроднадзора от 01.11.2013 No 6-р «Об утверждении Порядка организации работ по оценке выбросов от отдельных видов передвижных источников» (с изменениями на 13.12.2019 г.). В 2019 г. расчеты выбросов проводились согласно методическим рекомендациям, основанным на Распоряжении от 13.12.2019 No 37-р «О внесении изменений в распоряжение Росприроднадзора от 01.11.2013 No 6-р», в которых были учтены требования Таможенного союза и организации экономического сотрудничества и развития к экологическим классам АТС, качеству и типам топлива, которые, по мнению специалистов, уточняют и совершенствуют проведение расчета выбросов от передвижных источников. В связи с указанными изменениями на представленных диаграммах (см. рис. 4) прослеживается падение линии тренда объемов выбросов от автотранспорта с 2019 г. по 2022 г. Ситуация с выбросами загрязняющих веществ от стационарных источников более стабильная по сравнению с выбросами от АТС (рис. 5).

Объемы выбросов в 2021 г. незначительно увеличились по сравнению с 2020 г., что, вероятно, связано с восстановлением промышленного производства в 2021 г. на фоне стагнации отрасли в 2020 г., которая произошла, в том числе, в результате панде-

мии COVID-19. Следует отметить, что объемы выбросов от стационарных источников преобладают над выбросами от передвижных в среднем в 6,5 раз за период 2014-2022 гг.

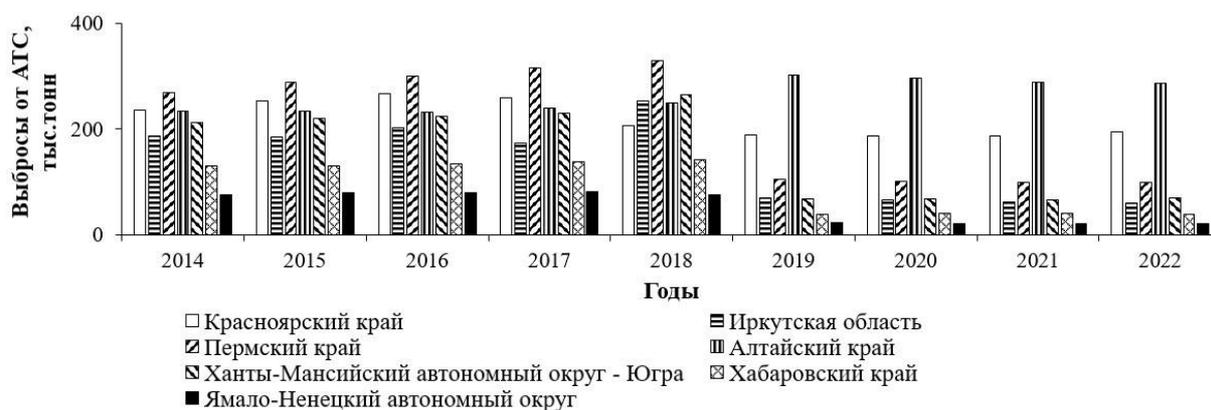


Рис. 4. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автотранспортных средств в некоторых субъектах РФ

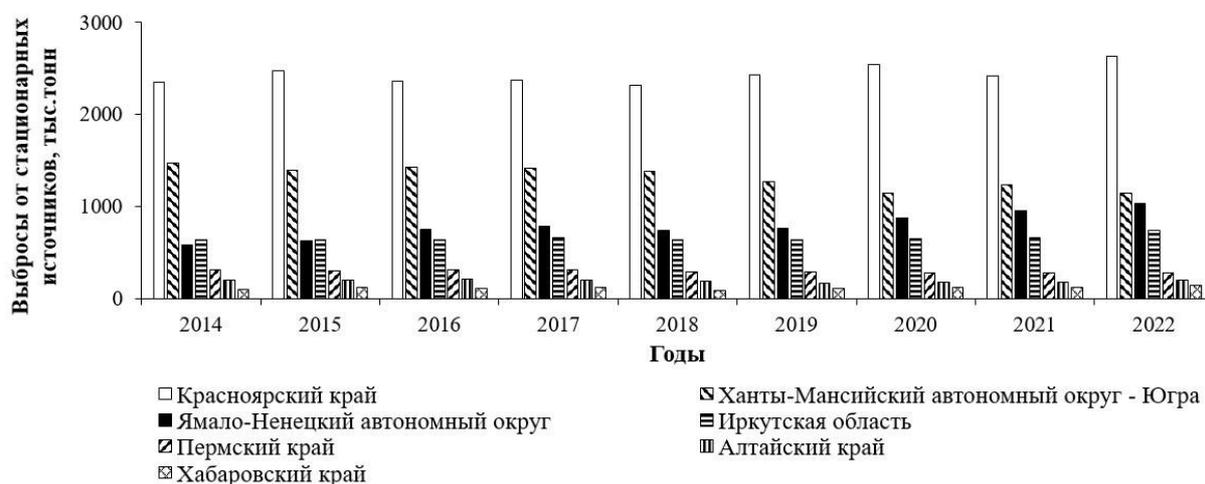


Рис. 5. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в некоторых субъектах РФ

Анализ данных о количестве АТС и выбросах загрязняющих веществ на территории России и Иркутской области в частности, позволяет сделать вывод о необходимости проведения комплекса мероприятий, способствующих улучшению качества атмосферного воздуха и экологической ситуации.

Специалисты продолжают изучать эффективность перехода автовладельцев на электромобили с точки зрения снижения выбросов вредных веществ. Кроме того, эксплуатация АТС более 10 лет приводит к ухудшению их технического состояния и усилению вредного воздействия выхлопных газов на компоненты окружающей среды и здоровье человека. Так, в работе [5] выявлено влияние размера и возраста транспортного средства на уровень выбросов загрязняющих веществ. Анализ данных по 358 дизельным автомобилям в разных точках города Аддис-Абеба (Эфиопия) показал, что микроавтобусы являются доминирующим источником загрязнения атмосферного воздуха в городе. По вместимости пассажиров один большой автобус эквивалентен восьми микроавтобусам. Переход от использования микроавтобусов к большим автобусам в качестве общественного транспорта поспособствует значительному сокращению выбросов выхлопных газов и заторов на дорогах. В Эфиопии политика правительства уже направлена на вве-

дение существенных налогов на импорт подержанных микроавтобусов и поощрение импорта новых вместительных автобусов.

Таким образом, учитывая опыт других стран, правительству РФ на федеральном или региональном уровнях следует ввести стандарты, ограничивающие возраст эксплуатируемых автотранспортных средств, с точки зрения безопасности и контроля выбросов токсичных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург А.С. Влияние ограничений, обусловленных COVID-19, на качество воздуха в Москве / А.С. Гинзбург, В.А. Семенов, Е.Г. Семутникова // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2020. – Т. 495, № 1. – С. 74-79. <https://doi.org/10.31857/S2686739720110067>.

2. Ненахова Е.В. Техногенное загрязнение атмосферного воздуха города Иркутска. Окружающая среда и здоровье / Е.В. Ненахова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию медико-профилактического факультета Иркутского государственного медицинского университета (2 октября 2020 г.). – Иркутск: Общество с ограниченной ответственностью «Типография «ИРКУТ»», 2020. – С 103-108.

3. Новикова С.А. Геоэкологическая оценка влияния метеорологических условий на загрязнение воздуха Иркутска / С.А. Новикова, Б.И. Кочуров // Экология урбанизированных территорий. – 2023. – № 3. – С. 34-41.

4. Новикова С.А. Загрязнение атмосферы крупных городов Иркутской области выбросами автотранспортных средств / С.А. Новикова // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». Иркутск: Изд-во ИГУ. – Т. 11, 2015. – С. 64-82.

5. Lencho Kebede, Getu Segni Tulu, Robert Tama Lisinge. Diesel-fueled public transport vehicles and air pollution in Addis Ababa, Ethiopia: Effects of vehicle size, age and kilometers travelled. Atmospheric Environment: X. Volume 13, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.aeaaoa.2021.100144>.

6. Qishang Zhou, Jiang Yun, Xiaoping Li, Xu Zhang, Bin Liu, Shuang Zhang, Xueming Zheng, Wen Yue, Xiangyu Li, Weixi Zhang. Vehicle emissions in a megacity of Xi'an in China: A comprehensive inventory, air quality impact, and policy recommendation. Urban Climate. Volume 52, 2023. 101740, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101740>.

7. Xingchuan Yang, Lili Wang, Pengfei Ma, Yuling He, Chuanfeng Zhao, Wenji Zhao. Urban and suburban decadal variations in air pollution of Beijing and its meteorological drivers. Environment International, Volume 181, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108301>.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В XX-XXI ВЕКАХ

Ю.П. Переведенцев¹, В.В. Гурьянов¹, Н.А. Мирсаева¹, А.А. Николаев², А.А. Васильев²
ypereved@kpfu.ru

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

²Гидрометеорологический научно-исследовательский центр РФ, г. Москва, Россия

Проблема современных изменений климата и их влияния на человеческое общество выдвинулось в ряд первостепенно важных [1]. Современное состояние этой про-

блемы и оценки будущих климатических изменений представлены в 6-м оценочном докладе МГЭИК (2021 г.) и 3-м оценочном докладе Росгидромета (2022 г.). Повышение глобальной приповерхностной температуры сопровождается быстрым ростом числа природных катастроф, в первую очередь вследствие гидрометеорологических аномалий [2]. В качестве основной причины современных изменений климата рассматривается антропогенный фактор. Поэтому в 2015 г. были заключены Парижские соглашения, направленные на ограничение выбросов парниковых газов в атмосферу, а в последующие годы состоялся ряд международных конференций с обсуждением широкого круга вопросов по снижению воздействия на климатическую систему, адаптации стран к происходящим и будущим климатическим изменениям. Вместе с тем, по мнению авторов [1], современная наука о климате еще не в состоянии дать однозначный ответ на вопрос: какова главная причина современного изменения климата. Решение этой проблемы напрямую связано с накоплением качественных метеорологических наблюдений, их статистической обработкой и анализом, построением и развитием климатических моделей. В России первые метеорологические наблюдения относятся к 1725 г. (г. Санкт-Петербург), в Казани они ведутся с 1812 г. По инициативе профессора Казанского университета А.Я. Купфера 190 лет тому назад (1834 г.) в России была создана гидрометеорологическая служба [5].

В настоящем докладе рассматриваются пространственно-временные изменения температуры воздуха (ТВ) на территории России в период 1980-2023 гг. по данным реанализа ERA5 с привлечением данных о полях суммарной солнечной радиации и общей облачности, индексов атмосферной циркуляции.

Для оценки экстремальных проявлений в изменениях современного климата в работе использовались индексы экстремальности (<http://etccdi.pacificclimate.org/list27indices.shtml>), предложенные в 1999 г. объединенной рабочей группой ВМО по обнаружению изменений климата (ККл/КЛИВАР). Расчеты проводились с использованием ежемесячных данных о температуре воздуха и количестве осадков в узлах сетки $0,25 \times 0,25^\circ$ широты и долготы для периода 1980-2023 гг. Были получены средние многолетние значения индексов экстремальности и линейные тренды (ед./10 лет). При расчете процентилей использовался базовый период 1981-2010 гг.

Отметим, что в более ранней работе авторов [3] рассматривались изменения температуры и осадков на территории России в период 1979-2019 г. с использованием 1251 станций из фонда ВНИИГМИ-МЦД.

Рассмотрим вначале распределение приповерхностной температуры воздуха в центральные месяцы сезонов по территории России в период 1980-2023 гг. Наибольшие контрасты средних месячных температур отмечается в январе: ТВ меняется от -5°C на западе до -40°C в Якутии, в апреле наиболее низкие ТВ отмечаются на полуострове Таймыр (-20°C), в июле на всей территории России ТВ имеет положительный знак и убывает от 20°C до 15°C с запада на восток. В октябре самые низкие температуры (до -15°C) отмечаются в Восточной Сибири.

Для оценки изменчивости ТВ рассчитывались коэффициенты наклона линейного тренда (КНЛТ) ($^\circ\text{C}/10$ лет) за 44-летний период. В январе за исключением юга Западной Сибири КНЛТ повсеместно положительны и достигают наибольших значений на побережье Северного Ледовитого океана (СЛО) (до $1,2^\circ\text{C}/10$ лет). На Европейской части России (ЕЧР) и в Сибири КНЛТ меняются от 0,2 до $0,6^\circ\text{C}/10$ лет. В апреле величины КНЛТ возрастают и достигают $1,6-1,8^\circ\text{C}/10$ лет на побережье СЛО, $0,2-0,6^\circ\text{C}/10$ лет в ЕЧР и в центральной Сибири.

В июле значения КНЛТ также положительны, но невелики. На материковой части

ЕЧР и в Сибири преобладают значения КНЛТ от 0,2 до 0,4°C/10 лет. В октябре значения КНЛТ повсеместно возрастают особенно в Сибирском регионе и меняются от 0,6 до 1,2°C/10 лет. Таким образом, почти на всей территории России в центральные месяцы сезонов ТВ растет, что свидетельствует о потеплении климата.

Рассмотрим физические факторы оказывающие влияние на изменения ТВ на территории России. Безусловно, сказывается влияние глобального фактора. Так, согласно оценкам [4], годовой вклад процессов Северного полушария (СП) в локальные изменения температуры в Казани составил 63%, летом 27% и зимой 43%, что позволяет делать вывод о влиянии СП и на другие регионы. В частности, между температурными показателями Казани и других станций Среднего Поволжья существует высокая корреляционная зависимость.

Параллельно с полем ТВ рассматривались поля общей облачности и приходящей к земле суммарной солнечной радиации. При этом рассчитывались КНЛТ этих показателей для сезонов и центральных месяцев года, находились коэффициенты корреляции (r) между ТВ и суммарной радиацией, ТВ и общей облачностью в узлах сетки.

В январе на территории ЕЧР величина КНЛТ общей облачности достигает 0,5 баллов/10 лет, в центре и на севере Сибири, наоборот, величина общей облачности убывает (КНЛТ достигает -0,7 баллов/10 лет). В апреле на юго-западе ЕЧР КНЛТ общей облачности имеет отрицательный знак и достигает значения -0,4 баллов/10 лет, на остальной территории России КНЛТ >0 и достигает 0,6 баллов/10 лет в центре и на севере ЕЧР. В июле на большей части территории России значения КНЛТ <0 и незначительны по величине, т.е. в июле поле облачности мало меняется. В октябре в умеренных и высоких широтах России КНЛТ >0 и достигает значений 0,8 баллов/10 лет.

Распределение КНЛТ суммарной радиации зависит от поведения поля общей облачности. Радиация усиливается в тех географических регионах, где уменьшается общее количество облаков. При этом отмечается тесная корреляция между значениями приходящей суммарной радиацией и баллом общей облачности. Так, зимние коэффициенты корреляции на ЕЧР достигают значения -0,65, а в Сибири -0,85, весной r по территории России меняются от -0,6 до -0,8, летом $r \approx -0,6$; -0,8, осенью r меняется в тех же пределах. Таким образом, поля облачности приводят к заметному ослаблению приходящей суммарной радиации. Анализ коэффициентов корреляции, рассчитанных по территории России между температурой воздуха и облачностью показывают, что эти связи заметно слабее: зимой r меняется в пределах от 0,15 до 0,45 (отепляющее влияние облачности), летом по всей территории России коэффициенты $r < 0$ (меняются в пределах от -0,45 до -0,55), что свидетельствует об охлаждающем влиянии облачности. В то же время температурный режим зависит и от радиационного фактора.

Наиболее высокие положительные коэффициенты корреляции между ТВ и суммарной радиацией достигаются в летний период: на западе ЕЧР величина r достигает значения 0,8, на юге Сибири 0,5. На побережье СЛО происходит рост облачности (КНЛТ >0) и ослабление суммарной радиации (КНЛТ <0). ТВ же растет со скоростью 0,35°C/10 лет. Следовательно, отрицательный знак коэффициента корреляции между ТВ и суммарной радиацией объясняется разнонаправленной изменчивостью во времени этих показателей. Для полноты анализа необходимо привлечь циркуляционных фактор. Рассмотрим характер корреляционных связей между ТВ и индексами атмосферной циркуляции (АЦ).

Для оценки влияния циркуляции атмосферы на термический режим России рассчитывались коэффициенты корреляции в период 1980-2023 гг. между временными рядами температуры и индексами АЦ: арктической осцилляцией (АО), североатлантиче-

ским колебанием (NAO), колебанием Восточная Атлантика – Западная Россия (EAWR), скандинавским колебанием (SCAND) и тихоокеанской декадной осцилляцией (PDO) в узлах регулярной сетки. Были построены карты изокоррелят для центральных месяцев сезонов. Их анализ позволил выявить следующие особенности. В январе с арктической осцилляцией (АО) связи наиболее тесные на западе и в центре ЕЧР, на юге Сибири, где $r=0,6$, в северных регионах России r меняется от 0,2 до 0,3. В апреле и июле связи незначимы и лишь в октябре в центре Сибири и в районе Чукотки происходит их усиление ($r=0,4$). С индексом Североатлантического колебания (NAO) связи также более тесные на западе и северо-западе ЕЧР ($r=0,7$), затем происходит их заметное ослабление в восточном направлении. В Сибири $r \approx 0,3$. В остальные месяцы связи между ТВ и индексом NAO практически незначимы.

Таким образом, осцилляции АО и NAO оказывают заметное влияние на термический режим ЕЧР лишь в зимний период. Это воздействие приводит к потеплению и смягчению погодных условий. Циркуляционная мода Восточная Атлантика – Западная Россия (EAWR) более активно ведет себя в теплое время года способствуя охлаждению территории России. Так, в апреле на территории ЕЧР и юга Западной Сибири r достигают значения $-0,6$, а в июле на юго-востоке ЕЧР $r=-0,7$, в октябре r достигает значения $-0,6$ на северо-западе ЕЧР. На остальной территории России за исключением юга Сибири, где происходит смена знака величины r ($r=0,4$), влияние осцилляции EAWR невелико. Связь температуры воздуха в индексом SCAND в январе лучше выражена на юго-востоке ЕЧР, где r достигают значения $-0,7$ и в Западной и Средней Сибири ($r=-0,6$), в апреле очаг максимальных значений r по абсолютной величине смещается в Западную Сибирь ($r=-0,6$), в июле связи наиболее тесные отмечаются на севере Западной Сибири ($r=-0,6$), в октябре полоса значимых r (от $-0,4$ до $-0,5$) тянется от Алтая на северо-восток. Таким образом, скандинавский антициклон заметно влияет на термический режим ЕЧР и Западной Сибири, способствуя понижению температуры особенно в холодный период.

Тихоокеанская мультидекадная осцилляция (PDO) действует на термический режим России заметно слабее, чем ранее рассмотренные колебания АЦ. В январе лишь в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке $r=-0,4$, в апреле $r=-0,3$ в южных районах ЕЧР и Западной Сибири, в июле r достигают значения $-0,5$ на юге ЕЧР и в Средней Сибири. В октябре влияние PDO сказывается лишь в центре ЕЧР ($r=-0,5$) и в Восточной Сибири ($r=-0,4$). Следовательно, Тихий океан оказывает охлаждающее влияние на температурных режим России в течение всего года.

Получено пространственно-временное распределение на территории России 27 температурных индексов экстремальности в период 1980-2023 гг. Ввиду ограниченного объема статьи рассмотрим в качестве примера лишь некоторые из них.

Так, в условиях современного потепления климата на территории России сокращается число дней с обледенением (индекс ID – число дней в году, когда максимальная суточная температура $TX < 0^\circ\text{C}$). Максимальное число дней с обледенением отмечается на побережье Северного Ледовитого океана (СЛО) и в Восточной Сибири (до 270 дней). На юге ЕЧР их порядка 30. При этом на всей территории России число дней с обледенением уменьшается преимущественно со скоростью 3-7 дней/10 лет. В Западной и Восточной Сибири этот процесс более активен, чем на ЕЧР.

Также ведет себя и показатель fd – суммарное количество морозных дней, когда суточная минимальная температура $< 0^\circ\text{C}$. Этот показатель меняется в широких пределах: на ЕЧР от 100 до 120 дней, в Сибири от 240 до 280 дней. Расчеты КНЛТ показывают, что число морозных дней повсеместно сокращается. На ЕЧР со скоростью 3-4 дня/10 лет, а на побережье СЛО КНЛТ достигает – 10 дней/10 лет.

Для характеристики летних дней, когда ежедневная максимальная температура выше 25°C использовался индекс SU. Согласно расчетам, число этих дней меняется по территории РФ в широких пределах – от 5 на северо-западе ЕЧР до 100 в Прикаспии. Число летних дней редко снижается на побережье СЛО и Тихого океана, на юге Сибири показатель SU достигает 20 дней. КНЛТ индекса SU достигает заметных значений на юге ЕЧР и Сибири, где он достигает 7-10 дней/10 лет. На побережье СЛО КНЛТ равен 0.

Рассмотрим индексы экстремальности осадков. Рассчитывался индекс PRCTOT, характеризующий годовое количество осадков во влажные дни, согласно которому, годовая сумма осадков на территории России меняется в широких пределах: на ЕЧР от 700 до 500 (уменьшение с севера на юг), в Западной Сибири индекс PRCTOT меняется в пределах 600-800 мм, в Восточной Сибири осадков выпадает меньше от 300 до 500 мм. При этом, если в умеренных и северных районах России годовая сумма осадков растет со скоростью от 0 до 30 мм/10 лет, то в южных районах ЕЧР и Сибири она уменьшается со скоростью, достигающей значений -20 мм/10 лет.

Максимальная длина сухого периода (cdd), когда в сутки выпадает <1 мм осадков, меняется по территории России в широких пределах: от 15 дней на территории ЕЧР до 80 дней в Восточной Сибири. Скорость изменения этого показателя невелика. На юге ЕЧР она достигает 1-4 дней/10 лет, в Сибири КНЛТ меняется от 0 до 6 дней/10 лет.

Индекс cwd – характеризующий максимальную длину влажного периода с количеством осадков >1 мм, на ЕЧР достигает 10-14 дней, в Сибири меняется от 6 до 12 дней. Этот показатель слабо меняется по территории России во времени. Так, на юго-западе ЕЧР КНЛТ=-0,5 дней/10 лет.

Количество дней в году с осадками более 10 мм (r10mm) колеблется по территории России от 5 до 30 дней. Этот показатель сильно зависит от орографии местности, на наветренных склонах год он достигает 30 дней. При этом наблюдается слабая скорость увеличения этого индекса: от 0 до 1 дней/10 лет.

В заключении отметим, что распределение индексов экстремальности климата по территории России зависит от широтной инсоляции, циркуляционных особенностей региона, удаленности от океанов, орографии и соответствует общим тенденциям изменения современного климата.

Выводы

1. В рассматриваемый период практически на всей территории России в течение года происходит потепление климата за исключением южных районов Западной и Средней Сибири в зимний период. Значения КНЛТ температуры воздуха свидетельствуют о неоднородном характере потепления в регионах России и в различные сезоны года. Так, в июле повсеместно скорость потепления минимальна в году.

2. Пространственно-временные изменения приходящей солнечной радиации зависят от состояния общей облачности. В местах роста количества облачности (КНЛТ>0), потоки суммарной радиации ослабевают (КНЛТ<0). И наоборот.

3. В январе корреляция между температурой воздуха и количеством общей облачности на всей территории России положительна ($r_{\max}=0,45$ в Западной Сибири). В июле знак корреляции становится отрицательным (в центре ЕЧР $r=-0,55$). Следовательно, зимой облачность способствует росту температуры, летом понижению.

4. Корреляция между облачностью и суммарной радиацией ($r=-0,8$ во все сезоны года) более высокая, чем между облачностью и температурой, что свидетельствует о необходимости привлечения сведений о характере атмосферной циркуляции для объяснения колебаний температуры.

5. Обнаружены регионы (зимой центр ЕЧР, регионы Сибири во все сезоны, кроме

лета), где корреляция между температурой воздуха и суммарной радиацией отрицательна. Эти условия возникают там, где значения КНЛТ суммарной радиации отрицательны ($КНЛТ < 0$), а КНЛТ температуры больше нуля ($КНЛТ > 0$). Таким образом, возникает следующая цепочка связей: облачность растет, суммарная радиация уменьшается, температура растет. Следовательно, в изменения ТВ вносит вклад глобальный фактор (потепление) плюс циркуляционный.

6. Влияние циркуляционных мод на термический режим России неоднородно как по знаку, так и по интенсивности. В зимний период осцилляции АО, NAO способствуют потеплению климата, SCAND охлаждению, EAWR понижает температуру в летний период.

7. Отмечается рост эффективной температуры по всей территории России во все сезоны. В январе и апреле КНЛТ достигает $0,8^{\circ}\text{C}/10$ лет, в июле КНЛТ $\sim 0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет, наблюдается сезонный ход.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монин А.С. Колебания климата по данным наблюдений: тройной солнечный и другие циклы / А.С. Монин, Д.М. Сонечкин. – М.: Наука, 2005. – 191 с.
2. Мохов И.И. Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования / И.И. Мохов // Вестник РАН. – 2022. – Т. 92, № 1. – С. 3-14.
3. Переведенцев Ю.П. Климатические изменения на территории России в конце XX – начале XXI века / Ю.П. Переведенцев, А.А. Васильев, Б.Г. Шерстюков, К.М. Шанталинский // Метеорология и гидрология. – 2021. – № 10. – С. 14-26.
4. Переведенцев Ю.П. Тенденции изменения основных климатических показателей на территории Приволжского федерального округа в XIX-XXI веках / Ю.П. Переведенцев, Б.Г. Шерстюков, Н.А. Мирсаева, К.М. Шанталинский, В.В. Гурьянов // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 209-237.
5. Переведенцев Ю.П. К 100-летию кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы Казанского федерального университета / Ю.П. Переведенцев, Н.А. Мирсаева, К.М. Шанталинский // Метеорология и гидрология. – 2023. – № 9. – С. 128-131.

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК РОДА *PELOPHTYLAX* В БИОМОНИТОРИНГЕ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

В.Д. Плотникова, Е.Б. Романова
psyche_medea@mail.ru

Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского
г. Нижний Новгород, Россия

Введение. Реакция организма на воздействие экологических факторов сопровождается изменением функционального состояния ключевых защитных систем организма, к которым относятся иммунная и гематологическая системы. Установлено, что иммунная система представляет собой иерархическое единство лимфоидной ткани: органов, свободных клеток и молекул, имеющих общее происхождение и функционирующих как единое целое. У амфибий лимфоидная и кроветворная системы объединяют в единый лимфо-миелоидный комплекс, в котором органы и ткани тесно связаны между собой

сеть кровеносных и лимфатических сосудов, обеспечивающей обмен клеточными элементами. Лимфо-миелодные органы и ткани зеленых лягушек представлены тимусом, селезенкой, лимфоидной тканью печени и почек. Тимус и костный мозг являются центральными органами иммунной системы, где происходит формирование и созревание иммуноцитов [6, 7], а селезенка амфибий продуцирует антителообразующие клетки. Известно, что биохимические аномалии окружающей среды могут приводить к существенным изменениям индексов внутренних органов в ту или иную сторону, в зависимости от микроэлементного фона среды [4].

Цель работы – оценка морфофизиологических параметров (индексов печени, почек, сердца, селезенки, гонад) озерных лягушек урбанизированной территории, для уточнения реакции организма на особенности гидрохимического состава водной среды.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись выборки из популяции озерных лягушек (*Pelophylax ridibundus*) оз. Силикатное (г. Нижний Новгород, Сормовский район, с.ш. 56.370912, в.д. 43.777608) в период с 2021 по 2023 гг. В 2021 г. собрано 24 особи, в 2022 г. – 16 особей, в 2023 г. – 18 особей. Всего исследовано 58 особей. Оз. Силикатное – искусственный водоем возле завода по производству железобетонных конструкций. Образован на месторождении кварцевого песка на месте болота. Расположено в зоне многоэтажной застройки, испытывает значительную антропогенную и высокую нагрузку, автотранспортное и хозяйственно-бытовое загрязнение. Гидрохимический анализ проводили в лаборатории с помощью спектрофотометра Nach DR-2800 (NACH LANGE GmbH, Германия). Оценивали концентрации (мг/л) следующих показателей загрязнения: железо, марганец, медь, хром, нитраты, нитриты, сульфаты, сульфиды, никель, кобальт, цинк, свинец.

Индексы внутренних органов (печень, почки, сердце, селезенка, гонады, тимус) вычисляли как отношение массы органа к массе тела (%) [5]. Массу тела амфибий определяли на технических весах с точностью до 0,02 г (ошибка измерения $\pm 0,01$), затем органы взвешивали на торсионных весах Waga Torsyjna–WT с точностью до 0,1 мг (ошибка измерения $\pm 0,03$).

Критериями согласия оценивали нулевую гипотезу о соответствии анализируемых показателей нормальному распределению. Поскольку полученное значение p для данных критериев оказалось меньше принятого критического уровня ($\alpha < 0,05$), то нулевая гипотеза была отклонена и принята альтернативная гипотеза – распределение показателей считать отличающимся от нормального. С учетом вида распределения центральные тенденции и рассеяние изученных показателей описывали медианой (Me) и интерквартильным размахом (IQR) (значения 25-го и 75-го перцентилей). Дальнейший анализ данных при анализе межгодовых различий проводили с расчетом критерия Уилкоксона (W). За величину уровня статистической значимости принимали $\alpha = 0,05$.

Результаты и их обсуждение. При оценке морфофизиологических параметров органов лягушек в динамике трехлетних наблюдений были выявлены статистически важные различия.

Так, установлено увеличение индекса почек ($W_{2022-2023} = 2.43$, $p = 0.02$; $W_{2021-2023} = 3.20$, $p = 0.001$), иллюстрирующее интенсификацию обмена веществ организма амфибий. Выявлено увеличение массы сердца и селезенки амфибий ($W_{2021-2022} = 2.33$, $p = 0.02$; $W_{2021-2022} = 2.17$, $p = 0.03$), свидетельствующее об усилении функциональной нагрузки на организм. Напротив, последующее снижение индекса сердца ($W_{2021-2023} = 2.77$, $p = 0.01$) могло быть вызвано уменьшением нагрузки и повышением резистентности организма к условиям среды [3]. Отсутствие изменений относительной массы печени – индикатора напряженности энергетического обмена [2], свидетельствует о сопоста-

внимом токсическом воздействии и отсутствии колебаний уровня метаболических процессов в организме амфибий. Однако следует отметить снижение индекса гонад ($W_{2021-2022} = 2.12, p = 0.03$; $W_{2022-2023} = 2.17, p = 0.03$) с последующим его повышением по отношению к первоначальному сроку наблюдений (2021).

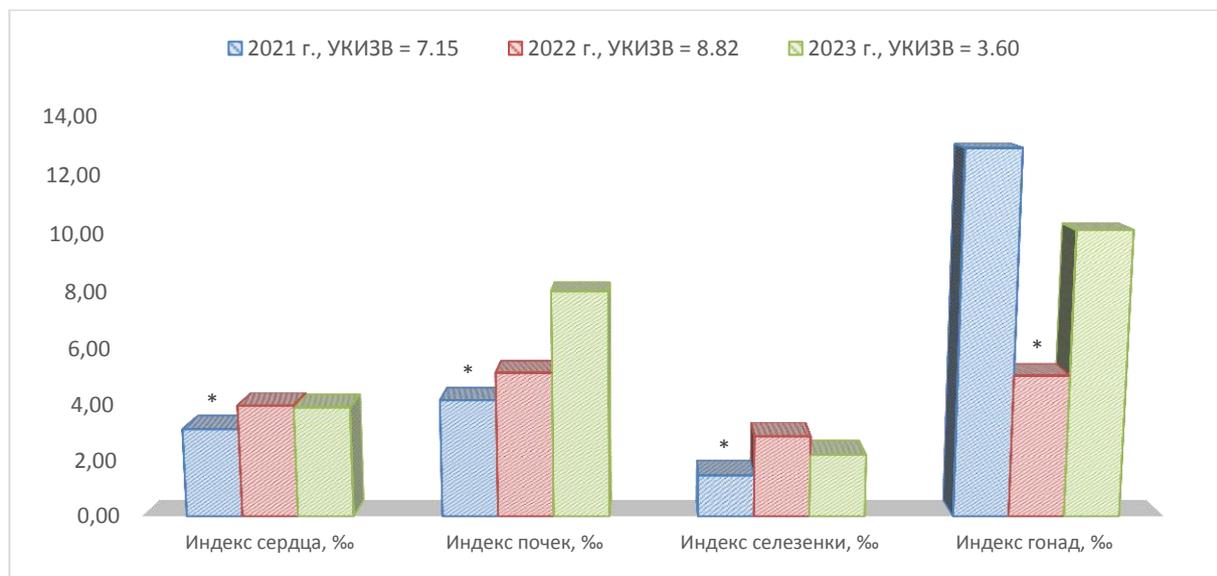


Рис. 1. Значение интегральных индексов внутренних органов (Me) озерных лягушек в динамике трехлетнего мониторинга

Качество водной среды популяции озерных лягушек оз. Силикатное, за период наблюдений значительно изменилось. Так, в 2021 году УКИЗВ составлял 7.15 (4-ый класс, грязная, разряд «б»), в 2022 – 8.82 (4-ый класс, грязная, разряд «в»). В 2023 г. ситуация улучшилась, УКИЗВ = 3.6 (3-ий класс, очень загрязненная, разряд «в»). При этом отметим повышение в водном объекте содержания нитратов (3.2 мг/мл) и ионов никеля (0.0045 мг/л) на фоне снижения концентрации остальных загрязнителей.

Таблица 1

Анализ взаимосвязи морфофизиологических параметров озерных лягушек с гидрохимическими показателями оз. Силикатное (2021-2023 гг.)

Сравниваемые пары		Коэффициент корреляции, ρ	Уровень значимости
Морфофизиологический параметр	Загрязняющие вещества, мг/л		
Индекс сердца	Цинк	-0.9979	0.041
Индекс сердца	Нитриты	-0.9996	0.017
Индекс печени	Хром	-0.9992	0.026

Следует отметить сильную отрицательную корреляцию индекса печени с концентрацией ионов хрома в воде, а также уменьшение индекса сердца с увеличением концентрации нитритов и цинка в динамике трехлетнего мониторинга (табл. 1). Широко известно, что ионы хрома обладают гемотоксичным и генотоксичным свойствами, при попадании в кровотоки, они повреждают клетки крови, вызывая реакции окисления [1]. Это окислительное повреждение может привести к гемолизу и, в конечном счете, к почечной и печеночной недостаточности. В свою очередь нитраты, попадая в кровь, могут

вызывать кислородное голодание, связываясь с гемоглобином в эритроцитах.

Полученные результаты позволяют сделать заключение о качественных и количественных перестройках лимфо-миелоидного комплекса организма к комплексу воздействующих экологических факторов в специфических условиях среды обитания, выражающиеся в изменении морфофизиологических параметров амфибий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изтлеуов М.К., Канжарбекова А., Жубанов А., Камалов Е. Влияние хрома на систему крови крыс // West Kazakhstan Medical Journal. – 2018. – №3 (59). – С 52-58.
2. Ковалев И.Е., Сергеев П.В. Введение в иммунофармакологию. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1972. – 143 с.
3. Марченковская А. А. Влияние урбанизации на морфофизиологические показатели некоторых видов земноводных // Экология фундаментальная и прикладная. Проблемы урбанизации: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. – С. 215–217.
4. Шварц С. С. Влияние микроэлементов на животных в естественных условиях рудного поля / С. С. Шварц // Труды биогеохимической лаборатории АН СССР. – 1954. – Т. 10. – С. 76 – 81. 95.
5. Шварц С. С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / С. С. Шварц, В. С. Смирнов, Л. Н. Добринский. – Свердловск, 1968. – 387 с.
6. Babik, W. Contrasting patterns of variation in MHC loci in the Alpine newt / W. Babik, M. Pabijan, J. Radwan // Molecular Ecology. – 2008. – Vol. 17. – P. 2339–2355.
7. Barribeau, S.M., Major Histocompatibility Complex Based Resistance to a Common Bacterial Pathogen of Amphibians / S.M. Barribeau, J. Villinger, B. Waldman // PLoS ONE. – 2008. – Vol. 3(7). – P. 2692.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

А.В. Романова
sova-ru@yandex.ru

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Особенности микроклимата и физико-географическое положение регионов обуславливают отличие локальных изменений климата от глобальных, что приводит к необходимости использовать средние значения климатических факторов на разных территориях – от местного масштаба до глобального.

Территория Республики Карелия имеет площадь 174 200 км², ее климатический режим переходный от морского к континентальному умеренному. По классификации Кеппена – климат региона холодный, континентальный, без сухого сезона, с холодным летом (код Dfc). На северо-западе Карелии, в высокой ее части, разделенной отрогами Маанселькя – самая холодная зима. К югу температурные условия становятся значи-

тельно мягче, а в северной части Ладожского озера условия для проживания населения самые мягкие.

Температура – один самых точных измеряемых метеорологических параметров. Средние температурные показатели Карелии увеличиваются по региону с севера на юг. Самые низкие средние температурные показатели за контрольный период 1991–2010 г.г. зимние температуры в январе в среднем за месяц на севере Карелии от -12 до -14°C сменяются на юге региона более теплыми значениями ТПВ от -9 до -10°C . Самый жаркий месяц июль дает среднемесячные значение ТПВ от $+14$ до $+15^{\circ}\text{C}$ на севере, и до $+16$ – $+17^{\circ}\text{C}$ на юге. Среднегодовые температуры отличаются таким же образом: около 0°C на севере и до $+2,6$ – $+2,8^{\circ}\text{C}$ на юге республики. В северной части Ладожского озера наблюдаются самые высокие среднегодовые температуры по региону: $+3^{\circ}\text{C}$ в г. Сортавала и $+3,3^{\circ}\text{C}$ на острове Валаам.

Как в РФ, так и в Финляндии, по данным Финского метеорологического института в период 1990–2010 г.г. в среднем за год отмечаются только положительные аномалии температуры: $0,5$ – $1,5^{\circ}\text{C}$ [2].

В данном исследовании была собрана база данных рядов наблюдений по температуре приземного воздуха (ТПВ) по среднесезонным и среднегодовым значениям за 79 лет четырех городов Карелии – столица республики г. Петрозаводск, г. Сортавала, г. Медвежьегорск и г. Кемь. По средним температурам всех четырех сезонов и всех городов и среднегодовой ТПВ были построены графики и полиномиальные тренды. ТПВ испытывали резкие колебания относительно среднего значения, и графики показали псевдоциклические тренды, а также общее повышение температуры, начиная с середины 1960-х гг. и до настоящего времени.

Был проведен корреляционный анализ между этими четырьмя городами Карелии и и Северо-Атлантическим колебанием (NAO). Анализ показал слабое положительное влияние среднезимних значений индекса NAO на среднезимние ТПВ во Петрозаводске, Кемь и Медвежьегорске – значение коэффициента корреляции больше 0,5. Была построена тепловая карта значений коэффициентов корреляции.

Таблица 1

Корреляция между средним индексом NAO за различные сезоны и средней по сезону температурой приземного воздуха в городах Карелии

	Петрозаводск	Сортавала	Кемь	Медвежьегорск
NAO год	0,175	0,219	0,176	0,201
NAO зима	0,549	0,541	0,458	0,524
NAO весна	0,187	0,206	0,172	0,230
NAO лето	-0,152	-0,172	-0,029	-0,159
NAO осень	-0,075	0,020	-0,061	-0,047

Далее был проведен регрессионный анализ между динамикой средних значений индекса NAO и средней температурой приземного воздуха (ТПВ) по зиме и лету и в среднем за год по всем четырем городам. На рисунке 1 показаны графики многолетней динамики температуры воздуха (сплошная линия) в г. Петрозаводск и динамики индекса NAO (пунктир) в среднем за зиму, лето и за год.

Регрессия при уровне обеспеченности 95% за лето в г. Петрозаводске показывает, что существует взаимосвязь между изменчивостью температурного режима и Северо-Атлантическим колебанием. Таким же образом при том же уровне обеспеченности была показана взаимосвязь между NAO и ТПВ за зиму и в целом за год по г. Сортавала и по г. Кемь, а также взаимосвязь между NAO и ТПВ за зимний сезон в г. Медвежьегорске.

Вероятность негативных последствий изменения климата на глобальном уровне приводит к долгосрочным негативным последствиям для стран любой климатической зоны. Продолжительные волны тепла влияют на работоспособность и состояние здоровья населения. Повышенная влажность в сочетании с высокой (более 35°C) температурой воздуха являются причиной повреждений на уровне физиологии человека, ухудшая физическое состояние человека, и снижая его работоспособность. Прогнозируется, что вследствие этого к 2030 году при увеличении глобальной температуры воздуха на 1,5°C мировые потери в экономике будут составлять в районе 2400 млрд. долл. [1]. Волны тепла в любом регионе, как в жарком, так и прохладном, приводят к повышенной смертности населения. Сильнее всего страдают дети, пожилые люди и те, чья работа связана с пребыванием на открытом воздухе, к примеру, строители или дорожные работники. Для жителей умеренного климата, летние волны тепла с температурой, обычной для жителей более теплых и жарких регионов, могут быть критичны для их физиологических показателей.

Экстремальное повышение температуры воздуха влияет и на работу тепловых и атомных электростанций. Резкие температурные колебания приводят к усилению ветра, что сказывается на работе газотурбинных установок. Продолжительные волны тепла с аномально высокой температурой приводят к нагреванию охлаждающей энергоблока воды и вынуждают снижать их мощность. В это же время на электросети возрастает нагрузка из-за использования кондиционеров. Разумеется, это относится в основном к крупным городам. Также многие работающие в Карелии котельные устарели, и не могут адекватно реагировать на резкие колебания температуры. Линии электропередач реагируют на повышение температуры воздуха снижением мощности передаваемой энергии, что негативно сказывается на трансформаторных подстанциях, приводя к их поломке.

Изменение температурных климатических показателей оказывает влияние на сток рек и соответственно, на работу гидроэлектростанций. Карелия – край рек и озер, и на многих реках построены и эксплуатируются большие и малые гидроэлектростанции: каскад Сунских ГЭС и Кемский каскад ГЭС. Вводятся в эксплуатацию новые малые гидроэлектростанции для удовлетворения спроса на энергию местного населения. Увеличение стока рек может приводить к наводнениям и поломке агрегатов гидроэлектростанций. Для Карелии предсказывается значительно увеличение характеристик стоков рек в весенние половодье, таким образом, работа ГЭС республики находятся под угрозой [3].

Повышение температур в регионе оказывает влияние и на системы теплоснабжения. В зимний период потепление окажет влияние на отопление помещений городов: своевременная регуляция параметров теплоносителей поможет уменьшить энергопотребление в холодное время, снизить нагрузку на теплосети и на окружающую среду.

Из положительных результатов повышения ТПВ на Европейской территории России намечается тенденция увеличения сроков туристического сезона. Прогнозы на середину текущего века показывают, что комфортные для экологического туризма температурные условия будут продолжаться на месяц дольше, чем в настоящее время, а к концу века в Республике Карелия эти сроки вырастут на 2–3 месяца. Повышение зимних температур благоприятны для развития горнолыжного туризма в Республике Карелия, с

связи с этим увеличение числа и пропускной способности горнолыжных курортов может положительно повлиять на экономику региона [4].

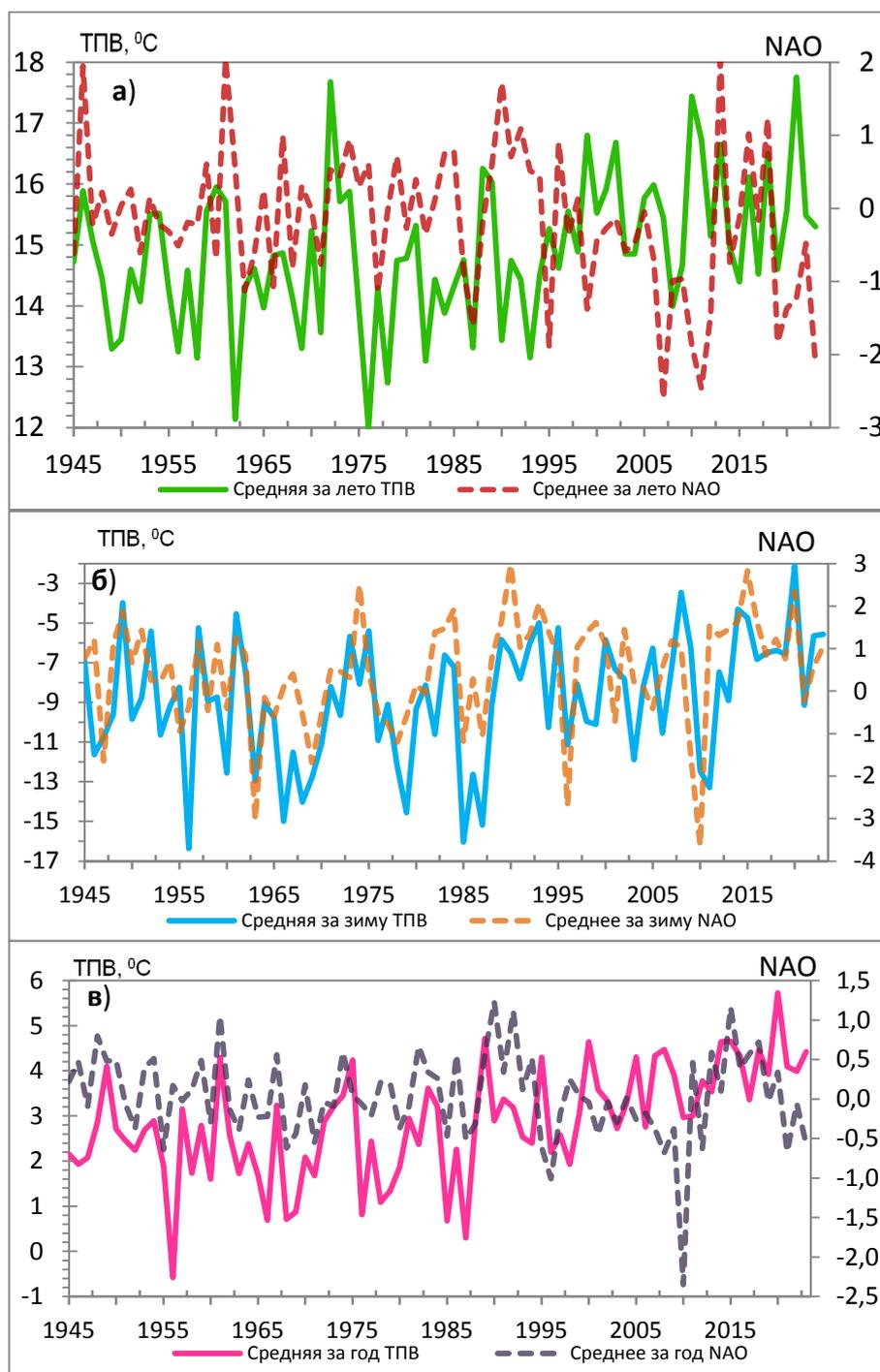


Рис. 1. Сравнение многолетней динамики температуры воздуха (сплошная линия) в г. Петрозаводск и динамики индекса NAO (пунктир) в среднем за зиму (а), лето (б) и за год (в)

Результатом работы является установленная взаимосвязь между изменчивостью температурного режима и Северо-Атлантическим колебанием (NAO) в зимний период,

устойчивая тенденция к потеплению климата и возможное влияние на промышленность, здоровье людей и туристическую сферу Республики Карелия, что может помочь в разработке региональных планов по адаптации к изменениям климата.

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете в научной Лаборатории «Экология и климат» при реализации темы государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Бесшовное численное моделирование одновременного изменения климата, погоды, газового и аэрозольного состава атмосферы в глобальном и региональном масштабах и создание цифровой географической информационной системы обработки баз данных о составе и структуре атмосферы», шифр «Климат-2».

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилина, И.Ю. Экономические последствия изменения климата // Россия и современный мир. – 2020. – №3 (108). – С.50–67.
2. Назарова Л.Е. Многолетние изменения температуры воздуха в Карелии // География и природ. ресурсы. – 2008. – №3. – С. 75–79.
3. Нефедова, Л.В. Адаптация энергокомплекса к изменениям климата в Арктике // Энергетическая политика. – 2020. – №9 (151).
4. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова; Росгидромет. – Санкт-Петербург: Научно-технологические исследования, 2022. – 676 с.

АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ КРОВИ СУХОПУТНЫХ ЧЕРЕПАХ К УСЛОВИЯМ НАРАСТАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ

Е.Б. Романова¹, И.А. Столярова¹, А.Г. Бакиев², Р.А. Горелов²
romanova@ibbm.unn.ru; irinaisto75@gmail.com; herpetology@list.ru;
gorelov.roman@mail.ru

¹*Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского,
г. Нижний Новгород, Россия*

²*Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт экологии
Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия*

Стратегии адаптации сухопутных черепах на уровне системы крови к естественным условиям обитания значительно варьируют в зависимости от систематической принадлежности животных, их возраста, пола; времени года и опосредованы экологическими факторами [1, 5]. В связи с этим, исследования специфики адаптивных реакций черепах следует проводить не только в естественных, но и в унифицированных оптимальных условиях террариумного содержания. Семейство Testudinidae Batsch, 1788 включает, согласно распространенной в настоящее время систематике [7], более сорока современных видов, относящихся к 17 родам.

Целью работы являлась сравнительная оценка показателей лейкоцитарного профиля и размерных особенностей клеток крови представителей трех родов семейства Testudinidae – Testudo Linnaeus, 1758, Geochelone Fitzinger, 1835 и Chelonoidis Fitzinger, 1835 для установления базового уровня адаптивных реакций организма черепах, необходимо-

го не только для фундаментальных исследований адаптации рептилий к изменениям климата, но и для прикладных задач (лечение сухопутных черепах в случае выявления патологий).

Testudo horsfieldii и *Geochelone elegans* сейчас фигурируют в Красном списке МСОП с категорией VU (уязвимый вид), категория для *Chelonoidis carbonarius* пока не установлена [6]. Все работы проводились в соответствии с «Международными руководящими принципами для биомедицинских исследований на животных» [3]. Кровь у черепах брали путем прокола шейной вены. Мазки крови готовили с помощью гематологического штапеля, высушивали на воздухе, затем фиксировали в спирте. Зафиксированные мазки хранили до окрашивания при комнатной температуре. Мазки окрашивали в течение 20 минут красителем Гимза азур-эозин по Романовскому. Готовые мазки просматривали с иммерсией, при увеличении $\times 1500$, с дифференцированным подсчетом лейкоцитарной формулы крови. С учетом морфологических особенностей определяли пять типов лейкоцитарных клеток (в %): гранулоциты (гетерофилы, базофилы, эозинофилы) и агранулоциты (моноциты, лимфоциты). На основании лейкоцитарной формулы крови рассчитали интегральные лейкоцитарные индексы в относительных единицах. При цитометрическом и кариометрическом анализе изучены 1475 клеток крови (*T. horsfieldii* – 700; *G. elegans* – 488; *C. carbonarius* – 287 клеток). Определение размеров клеток крови и их ядер проводили с помощью окуляр-микрометра cross-line (0.1 mm). Площадь поверхности клеток S_k и ядер S_y (в μm^2) рассчитывали по формуле эллипса: $S = \pi \times a \times b$, где $\pi = 3,14$; a – длина большой полуоси эллипса, μm ; b – длина меньшей полуоси эллипса, μm . Индекс удлинения клеток (E) и их ядер (e) рассчитывали, как частное от деления длинного диаметра на короткий. Ядерно-цитоплазматическое отношение (ЯЦО) определяли как отношение площади ядра к площади клетки.

Данные сравнивали методами непараметрической статистики с расчетом критериев: Краскела – Уоллиса (H) (при множественном сравнении независимых групп по одному признаку), Данна (D) (множественный критерий при попарном сравнении групп), Манна – Уитни (u) при сравнении двух групп в пакете прикладных программ «STATISTICA v.10» и в среде R (R Core Team, 2015). Для упорядочивания и классификации показателей применялся метод главных компонент (Principal component analysis, PCA).. Для изучения зависимости метрических показателей клеток крови использовали регрессионный анализ. За величину статистической значимости принимали $\alpha = 0.05$.

Выявлены межвидовые различия по суммарному содержанию агранулоцитов и гранулоцитов в крови сухопутных черепах. В порядке возрастания по содержанию гранулоцитов виды расположились в ряду: красноногая (*C. carbonarius*) → среднеазиатская (*T. horsfieldii*) → звездчатая (*G. elegans*) черепахи. В порядке возрастания по содержанию агранулоцитов – в ряду: звездчатая (*G. elegans*) → среднеазиатская (*T. horsfieldii*) → красноногая (*C. carbonarius*). Лимфоциты и гетерофилы являются двумя наиболее распространенными типами лейкоцитов рептилий, которые вместе составляют до 95% всех лейкоцитов [2], но имеют различные иммунные функции. Доминирующими клетками в лейкограммах сухопутных черепах среди агранулоцитов были лимфоциты (40–55%), среди гранулоцитов – гетерофилы (27–33%). Лимфоциты играют главную роль в клеточно-опосредованном адаптивном иммунитете (Т-клетки) и гуморальном адаптивном иммунитете (В-клетки), поскольку они продуцируют иммуноглобулины, которые специфически распознают антигены, полученные при процессинге возбудителя. За счет повышенного содержания лимфоцитов и моноцитов доля клеток агранулоцитарного ряда в крови красноногой черепахи (*C. carbonarius*) была выше по сравнению с другими видами (H=14.05, p=0.001). Гетерофилы представляют собой фагоцитирующие клетки

врожденной иммунной системы, формирующие первую линию иммунной защиты от бактериальных патогенов при воспалительных поражениях [4]. Содержание гетерофилов ($H=3.45$, $p=0.18$) в лейкограммах сухопутных черепах трех видов не различалась, так же, как и базофилов ($H=1.169$, $p=0.558$). В иммунном ответе, как известно, существуют сложные взаимосвязи, поскольку врожденная и адаптивная системы не являются полностью независимыми друг от друга, поэтому гетерофилы и лимфоциты классифицируют в качестве основных составляющих компонентов врожденной и адаптивной иммунной защиты, соответственно. Доля эозинофилов в гранулоцитарной составляющей красноногой черепахи (*C. carbonaris*) была минимальной по сравнению с другими видами.

Анализ полученных лейкоцитарных профилей свидетельствовал о сопоставимом уровне врожденного иммунного ответа трех видов сухопутных черепах и более выраженном клеточно-опосредованном адаптивном иммунитете красноногой черепахи (*C. carbonaris*).

Оценка интегральных лейкоцитарных индексов в крови, как маркеров иммунного статуса организма черепах в условиях неволи (средового стресса) представляет наибольший интерес. Известно, что соотношение гетерофилов к лимфоцитам, *ИСГЛ* изменяются в ответ на внешние стрессоры, включая неблагоприятные климатические или погодные явления, загрязнение, усиленное размножение, антропогенный пресс или заражение паразитами и в экофизиологических исследованиях соотношение этих клеток используется как надежная мера физиологического стресса, указывая на взаимодействие между иммунитетом, физиологией и экологией вида [2]. Сравнительный анализ индекса *ИСГЛ* сухопутных черепах выявил повышенное значение этого показателя у самца звездчатой черепахи (*G. elegans*), что иллюстрировало более выраженную активацию неспецифической защитной системы крови за счет суммарного вклада гранулоцитарных клеток по сравнению с красноногой черепахой, в крови которой прослеживалась тенденция повышения специфических реакций. На этом фоне низкий показатель лимфоцитарно-гранулоцитарного индекса, *ИЛГ* звездчатой черепахи также свидетельствовал о недостаточном ресурсе адаптивных механизмов организма в условиях неволи по сравнению с другими видами. Дополнительную информацию при оценке адаптивных возможностей организма можно получить при расчете интегральных лейкоцитарных индексов: сдвига лейкоцитов, *ИСЛ* – отражающего адекватность и своевременность иммунного ответа и *ИЛГ* – отражающего его сбалансированность.

Анализ лейкоцитарных индексов реактивности красноногой черепахи (*C. carbonarius*) выявил разнонаправленность изменений, а именно, повышение *ИЛГ*, снижение *ИСЛ* и *ИСГЛ*, что иллюстрировало активную и сбалансированную реакцию организма за счет вклада лимфоцитов. По уменьшению значения индекса *ИСЛ* сухопутные черепахи расположились в ряду: звездчатая → среднеазиатская → красноногая. По уменьшению значения индекса *ИЛГ*: красноногая → среднеазиатская → звездчатая.

С целью изучения взаимосвязей, а также выявления факторов, которые бы упростили процесс классификации изучаемых выборок по интегральным лейкоцитарным показателям, мы воспользовались методом главных компонент. Основным свойством этого метода является отсутствие корреляции, в отличие от исходных переменных, именно за счет этого и достигается концентрация информации. Вначале определили факторные оси (главные компоненты) в пространстве меньшей размерности, на которые спроецировали пространство переменных анализа. Первая главная компонента, соответствующая максимальному собственному значению 229.78 описывала приблизительно 89.23 % общей дисперсии. Вторая компонента с собственным значением 26.20 описывала 10.17% оставшейся дисперсии. Третья и последующие компоненты были менее ин-

формативны.

График рассеяния выборок в пространстве двух первых компонент визуализировал отличия лейкоцитарного профиля сухопутных черепах. По совокупности интегральных показателей лейкоцитарного профиля среднеазиатская черепаха *T. horsfieldii* отличалась от других видов сухопутных черепах и группировалась во втором квадранте факторного пространства. Удаленно, в четвертом квадранте в области локализации переменных: индекса соотношения лимфоцитов к эозинофилам, *ИСЛЭ* и индекса соотношения гетерофилов к эозинофилам *ИСГЭ* располагалась красноногая черепаха *C. carbonarius*. Звездчатая черепаха *G. elegans*, имеющая в крови повышенную доля гранулоцитов всех форм занимала третий квадрант (рис. 1).

Сопоставление морфометрических параметров клеток крови среднеазиатской черепахи ранговым анализом вариаций по Краскела -Уоллису (H) позволило отклонить нулевую гипотезу об отсутствии различий и принять альтернативную гипотезу о различии клеток по всем размерным характеристикам. Самыми крупными клетками оказались гетерофилы, которые по площади превосходили эритроциты ($z=5.27$, $p<0.001$), тромбоциты ($z=17.39$, $p<0.001$), эозинофилы ($z=6.68$, $p<0.001$), базофилы ($z=7.96$, $p<0.001$), моноциты ($z=3.15$, $p=0.033$), и лимфоциты ($z=14.07$, $p<0.001$). Ядра лейкоцитарных клеток были крупнее ядер эритроцитов и тромбоцитов. При этом у лейкоцитов наименьшую площадь имели ядра эозинофилов. Наиболее крупных ядра выявлены у моноцитов (65.47 мкм^2), площадь которых в 3.37 раза превосходила площадь ядра эритроцитов ($z=16.41$, $p<0.001$) и в 2.64 раза – площадь ядра тромбоцитов ($z=13.13$, $p<0.001$). Площади ядер гетерофилов, базофилов и лимфоцитов среднеазиатской черепахи были сопоставимы и варьировали от 38 до 45 мкм^2 .

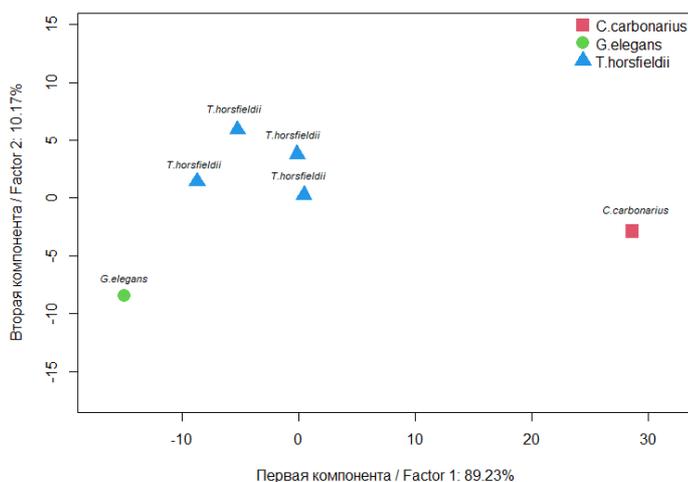


Рис. 1. График рассеяния особей сухопутных черепах Самарского зоопарка в пространстве главных компонент

У звездчатой черепахи самые мелкие клетки: лимфоциты и тромбоциты по линейным параметрам не различались ($z=2.34$, $p=0.39$). Эритроциты по индексу удлинения (E) значительно отличались от всех клеток крови. Наиболее округлыми были базофилы, индекс удлинения которых приближался к единице. Наиболее крупные клетки (гетерофилы, эозинофилы и моноциты) были схожи по размерам. Эритроциты красноногой черепахи не отличались по площади от эозинофилов и моноцитов. Наиболее крупными среди лейкоцитов оказались гетерофилы и моноциты. Эозинофилы и базофилы по площади

были сопоставимы ($z=0.46$, $p=1.00$).

Анализ зависимости площади ядер от размера клетки показывает, что для среднеазиатской черепахи только дисперсия площади ядра базофила объяснялась дисперсией площади самой клетки на 98%. В случае других клеток эта зависимость выражена гораздо слабее и составляла от 0.8 до 21 %. Напротив, для звездчатой черепахи дисперсия площади ядра базофила объяснялась дисперсией площади самой клетки менее чем на 1%. При этом доля объяснимой дисперсии этих показателей, то есть доля вариативности одного признака, зависящая от другого, для тромбоцита и моноцита составляла 88% и 66%, соответственно. Вариативность площади ядра, зависящая от площади самой клетки у красноногий черепахи составила 72% – для эозинофилов и 48% – для лимфоцитов.

По информативному индексу удлиненности различались эритроциты ($N=55.60$, $p<0.001$) и тромбоциты ($N=29.96$, $p<0.001$) всех видов черепах. Метрические параметры лейкоцитарных клеток были сходными и только индекс удлинения эозинофилов звездчатой черепахи превышал аналогичный показатель среднеазиатской черепахи. По площади клетки крови разных видов варьировали, за исключением эозинофилов. Наиболее крупные эритроциты, тромбоциты, гетерофилы, базофилы и лимфоциты обнаружены у красноногий черепахи, площадь этих клеток значимо превышала аналогичные параметры двух других видов. Моноциты среднеазиатской и красноногий черепахи превышали площадь моноцитов звездчатой черепахи. Ядра эритроцитов и базофилов красноногий черепахи превышали площадь ядер этих клеток среднеазиатской и звездчатой черепах. Площади ядер моноцитов и эозинофилов трех видов черепах не различались.

Ядерно-цитоплазматическое отношение – объективный показатель оценки прижизненного состояния клетки и важная морфологическая характеристика, позволяющая получить определенное представление об уровне метаболизма и компенсаторных реакциях клеток эритроцитарного и лейкоцитарного рядов. Более высокие показатели ядерно-цитоплазматических соотношений свидетельствуют, что ядро в цитоплазме занимает больший объем. Сравнивая между собой морфометрические параметры, можно прийти к заключению, что в некрупных клетках крови (тромбоцитах и лимфоцитах) черепах ядерно-цитоплазматические соотношения были наибольшими. В крупных эритроцитах и гетерофилах ядерно-цитоплазматические отношения оказались наименьшими.

Изучение кариоцитометрических особенностей трех видов черепах позволило оценить и анализировать структурные изменения клеток крови, представляющие собой весьма сложные многокомпонентные системы, в которых устойчивость сочетается с большими возможностями адаптации к изменениям внутренней и внешней среды с множеством взаимосвязанных процессов. Выявлены значимые различия по большинству морфометрических характеристик клеток крови трех видов черепах. По площади клетки крови разных видов варьировали, за исключением эозинофилов. Наиболее крупные эритроциты, тромбоциты, гетерофилы, базофилы и лимфоциты обнаружены у красноногий черепахи, площадь этих клеток значимо превышала аналогичные параметры клеток двух других видов. Методом многомерного дисперсионного анализа выявлены значимые различия по совокупности ядерно-цитоплазматических соотношений клеток крови трех видов черепах. Клетки крови среднеазиатской черепахи характеризовались более высокой метаболической активностью.

Показано, что среднеазиатская черепаха по совокупности интегральных показателей лейкоцитарного профиля характеризовалась более стабильным и сбалансированным иммунным ответом по сравнению с другими изученными видами сухопутных черепах Самарского зоопарка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко Д.А. Итоги изучения распространения, систематики и экологии среднеазиатской черепахи, *Agrionemys horsfieldii* (Gray, 1844) (Testudines, Testudinidae) / Д.А. Бондаренко // Труды Института зоологии Республики Казахстан». – 2021. Том 1, вып. 1. – Алматы: Институт зоологии Республики Казахстан, 2021. – С. 37-70.
2. Davis. A.K., Maney D.L., Maerz J.C. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: A review for ecologists / A.K. Davis., D.L. Maney, J.C. Maerz // Functional Ecology. – 2008. – Vol. 22.– P. 760-772. (<https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>).
3. International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals. 2012. – URL: https://grants.nih.gov/grants/olaw/guiding_principles_2012.pdf (дата обращения: 2.07.2024).
4. Jacobson E.R., Garner M.M. (eds.). Infectious Diseases and Pathology of Reptiles / E.R. Jacobson, M.M. Garner (eds.). – CRC Press, Taylor & Francis group, 2020. – 1030 p. (<https://doi.org/10.1201/9780429155567>).
5. Martins G.S., Alevi K.C., Azeredo-Oliveira M.T., Bonini-Domingos C.R. Cytochemical characteristics of blood cells from Brazilian tortoises (Testudines: Testudinidae) / G.S. Martins, K.C. Alevi, M.T. Azeredo-Oliveira, C.R. Bonini-Domingos // Genetics and Molecular Research. –2016. – Vol. 15, no. 1. (doi: 10.4238/gmr.15017549).
6. Red List (Version 2022-1). 2022. – URL: <https://www.iucnredlist.org/assessment/red-list-index> (дата обращения: 2.07.2024).
7. Uetz P., Freed P., Aguilar R., Hošek J. (eds.) The Reptile Database. 2023. – URL: <http://www.reptile-database.org> (дата обращения: 2.07.2024).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ДОНБАССЕ: ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ФИТОКВАНТИФИКАЦИИ

А.И. Сафонов¹, Е.А. Гермонова²
andrey_safonov@mail.ru

¹*Донецкий государственный университет, г. Донецк, Россия*

²*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Россия*

Система учета антропогенных трансформаций в экологически напряженных регионах требует использования специальных технологий для получения иллюстративного продукта, например, картографических способов при анализе распределения функциональных индексов индикационной значимости.

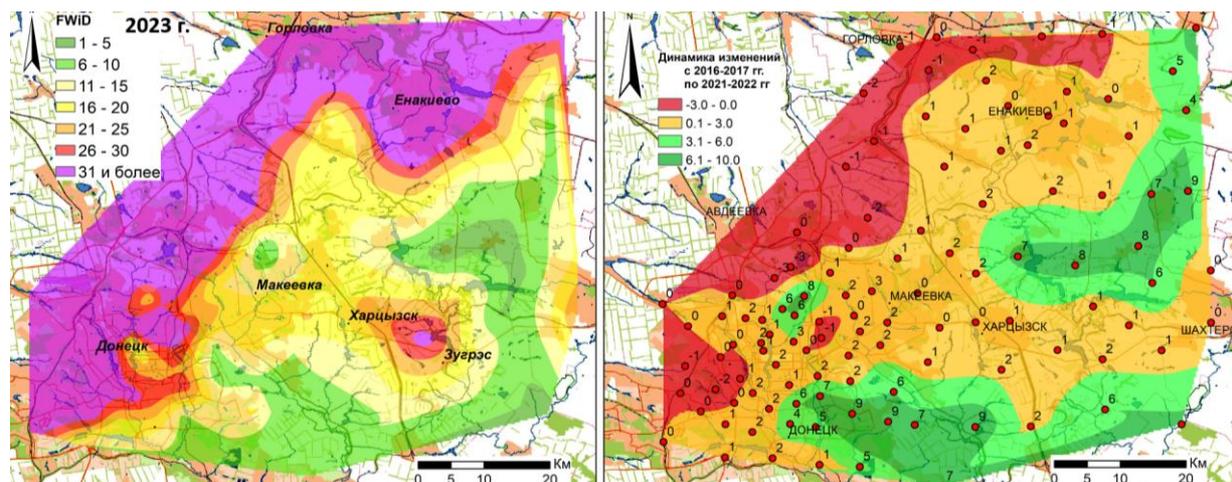
Цель работы – представить результаты эколого-ботанического мониторинга в Донбассе на нескольких примерах картографических материалов, иллюстрирующих актуальные сведения об уровне неблагоприятных воздействий на природные среды.

В качестве методического базиса при разработках и внедрении ГИС-технологий на территории донецкого экономического региона использовали подходы исследовательских работ отечественных ученых [1, 4]. Работа является частью аналитической программы, реализуемой в рамках диагностики антропогенно нарушенных территорий Северного Приазовья [2, 3, 5, 6]. Нетипичный морфогенез рассматривали как индикаторное свойство растительных организмов и ответную реакцию на факторы индустриализации и интенсификации военных действий в границах социально-политического конфликта.

На основании сформированных шкал (интегральные и расчетные значения атипичного морфогенеза растений, тератологических проявлений) получены визуализированные материалы, отражающие специфику антропогенного импакта (примеры рассмот-

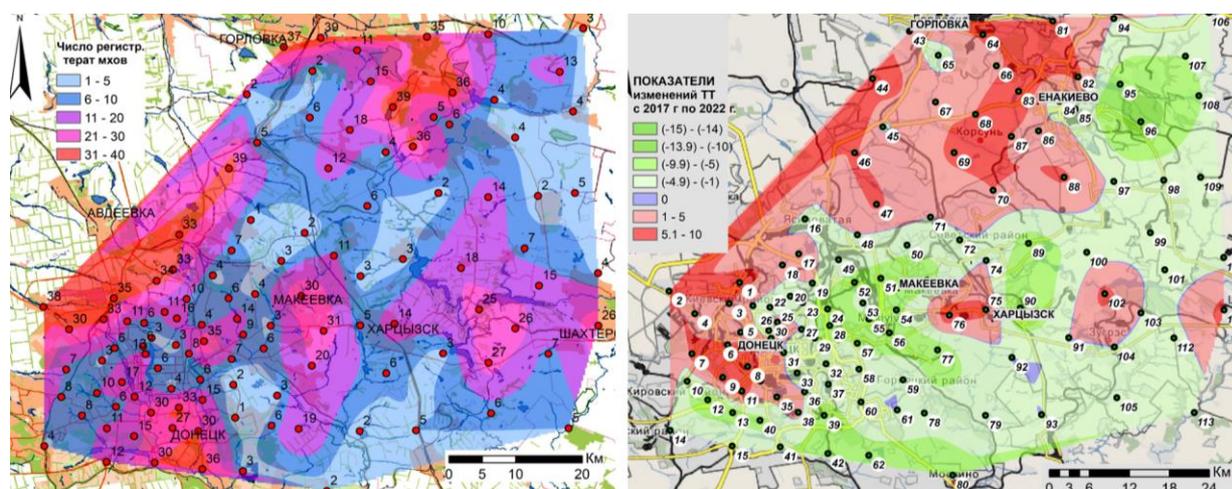
рены на рисунках 1 и 2).

Ботанико-экологический мониторинг как способ квантификации экотопов по состоянию на лето 2024 г. является единственной реализуемой более 20 лет полномасштабной программой, позволяющей иметь дифференцированную информацию как локального, так и фонового значения по совокупным факторам неблагоприятных воздействий в обозначенной зоне исследований.



А Б

Рис. 1. Картографическая модель фактора полемостресса (А), динамика видового разнообразия мохообразных (Б) в Центральном Донбассе



А Б

Рис. 2. Учет тератогенности территории для мохообразных (А), динамика общего показателя тератообразования цветковых растений (Б) в Центральном Донбассе

В качестве получения критериев полемостресса и (или) техногенеза в целом было использовано два метода формирования вариационной кривой: по фиксированному количеству числа терат в перерасчете на ценопопуляционную частоту встречаемости (рис. 1 А и рис. 2 А), а также по динамическим процессам фиторазнообразия (рис. 1 Б) и общего тератогенеза (рис. 2 Б) в обозримом временном интервале ведения военных процессов в центральной части Донбасса.

Полученные картографические материалы позволяют определить 1) очаговый характер территориального распределения показателя атропотолерантности фитоиндика-

торов преимущественно в границах урбанизации и тяготеющей к ней локализации объектов промышленного загрязнения среды и 2) трансектно-пограничный характер высоких уровней вдоль линии соприкосновения конфронтационных сил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геоинформационная оценка экологических, социально-экономических и демографических условий населённых пунктов ЦЧР / С.А. Епринцев, С.А. Куролап, О.В. Клепиков, С.В. Шекоян // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2023. – Т. 9, № 3. – С. 167-176.
2. Гермонова Е.А. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса / Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 13-22.
3. Гермонова Е.А. ГИС-фитоиндикация при анализе факторов войны: полевостресс в Донбассе / Е.А. Гермонова, А.И. Сафонов // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. – Киров: ВятГУ, 2023. – С. 36-41.
4. Епринцев С.А. Геоинформационное моделирование факторов, определяющих экологическую безопасность урбанизированных территорий / С.А. Епринцев, С.В. Шекоян // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2023. – Т. 2, № 8. – С. 17-22.
5. Сафонов А.И. Оценка геосистем Донбасса: фитоиндикация тератогенности и картографический анализ / А.И. Сафонов, Е.А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. – № 1. С. 98-104.
6. Сафонов А.И. Динамика фитоиндикационных показателей по картографическим данным в Донбассе (2013-2023 гг.) / А.И. Сафонов, Е.А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 4. – С. 6-17.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА СИСТЕМ ЛЕСОПОЖАРНОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е.Д. Святкина, Ю.В. Петров
petrov19811201@gmail.com

Сибирский научно-аналитический центр, г. Тюмень, Россия

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – это наблюдение за поверхностью Земли наземными, авиационными и космическими средствами, которые, в свою очередь, оснащены различными видами съемочной аппаратуры. Поэтому используется многоканальное оборудование пассивного и активного типов, регистрирующее электромагнитное излучение в различных диапазонах. К активным типам относятся оптические и сканирующие устройства, которые действуют в диапазоне отраженного солнечного излучения. А к пассивным – радарные устройства, сканирующие лазеры и микроволновые радиометры. Методы дистанционного зондирования основаны на том, что любой объект излучает и отражает электромагнитную энергию в соответствии с его спецификой. В сфере организации рационального природопользования сегодня данные методы используются полноценно, как в законодательном, так и в пространственном аспектах [6; 7]

Наземные методы ДЗЗ включают в себя использование специальных сенсоров и инструментов для сбора данных о земной поверхности. Например, фотограмметрия с

наземных камер и спектрометрия. Наземные методы позволяют получать данные с высоким пространственным разрешением с низкой высоты, что, в свою очередь, обеспечивает точную оценку состояния лесного покрова.

Авиационные методы ДЗЗ включают в себя использование специальной съемочной аппаратуры, для сбора данных о земной поверхности с высоты. Например, аэрофотосъемка, магнитометрия и радиолокационная съемка. Авиационные методы обеспечивают возможность охвата больших лесных массивов за короткий промежуток времени.

Космические методы ДЗЗ включают использование специализированных спутников, находящихся на орбите Земли, для сбора данных о земной поверхности. Примерами космических методов являются мультиспектральное и гиперспектральное зондирование, радиометрия. Космические методы обеспечивают регулярные и повторяемые наблюдения за лесными территориями на больших пространствах и позволяют оценить динамику изменений в лесном покрове на глобальном уровне. В зависимости от обстоятельств дистанционные наблюдения бывают регулярными выборочными, то есть с целью наблюдения за изменениями и тенденциями они могут выполняться на регулярной основе в установленные периоды времени, а также специальными, когда происходит массовое повреждение лесов.

Лесное дешифрирование состоит из двух этапов. Первый этап – подготовительный. На нем происходит подготовка к самому процессу дешифрирования, то есть подбор съемочных материалов, сбор дополнительных материалов и классификация, то есть подбор эталонов. Ключевой этап – это процесс дешифрирования. Полевое и камеральное дешифрирование, в свою очередь, состоят из нескольких методов. Полевое дешифрирование включает в себя *наземный метод и аэрометод*, а камеральный – *визуальный и автоматизированный методы*.

Визуальный метод дешифрирования включает в себя ручную интерпретацию изображений лесного покрова специалистами, используя свои знания и опыт, с помощью движения от общего к частному. Они визуально анализируют данные, определяют типы растительности, классифицируют лесные участки и далее выявляют изменения. Он часто используется для создания точных карт лесного покрова и выявления деталей, которые могут быть пропущены или отмечены неточно автоматизированными методами.

Автоматизированный метод основан на использовании алгоритмов и компьютерных программ для обработки и анализа данных дистанционного зондирования. Данные алгоритмы позволяют автоматически определять классы растительности и обнаруживать изменения в лесах. Автоматизированное дешифрирование обычно выполняется быстрее и может применяться к большим объемам данных.

В последние годы на территории Юга Западной Сибири (сюда мы относим субъекты РФ Западносибирского экономического района за исключением автономных округов Тюменской области) часто возникают лесные пожары на масштабных территориях. А также, благодаря комплексированию с другими процессами государственного и муниципального надзора, возможно сочетание в использовании материалов различными ведомствами и тематическими блоками [1; 3; 5]

Пожары оказывают негативное воздействие на природную среду. К таким воздействиям относятся загрязнение воздуха через огненный шлейф и его последующее распространение с осаждением твердых частиц и других материалов, которые могут загрязнять почву и воду, загрязнение почвы и воды в результате пожаротушения, которые могут также содержать токсичные или опасные материалы. Во время пожаров выбрасывается большое разнообразие химических веществ и твердых частиц, которые

идентифицированы как оказывающие негативное воздействие на окружающую среду.

Экологическим ущербом для окружающей природной среды называют фактические потери, возникшие в результате нарушения природоохранного законодательства, хозяйственной деятельности человека, стихийных экологических бедствий, катастроф. Ущерб проявляется в виде потерь природных, трудовых, материальных, финансовых ресурсов в народном хозяйстве, а также в ухудшении социально-гигиенических условий проживания для населения и качественных изменений (потерь) экономического потенциала страны [2; 4]

Роль и значение мониторинга лесных территорий, пройденных пожарами, в современном мире играют важную роль в сохранении леса, биоразнообразия и обеспечении экологического равновесия. Лесные пожары представляют серьезную угрозу для лесных экосистем, общества и экономики, и их мониторинг имеет важное значение для раннего обнаружения, контроля и предотвращения возможных последствий. Мониторинг позволяет собирать статистику о лесных пожарах, благодаря наличию архивов долговременных и непрерывных наблюдений, анализировать их причины и распространение, что в дальнейшем помогает разработать стратегии борьбы с лесными пожарами.

Постпирогенные лесные территории, то есть участки леса, которые были пройдены лесным пожаром и прошли процесс восстановления после него, играют важную роль в процессе восстановления и регенерации лесных ландшафтов. Мониторинг таких территорий с использованием данных ДЗЗ становится неотъемлемой частью управления лесными ресурсами и охраны окружающей среды.

Мультивременной анализ, то есть анализ спутниковых данных, полученных в разный временной период (до и после пожара), позволяет оценить масштабы ущерба, определить зоны с разной степенью повреждений и выявить тенденции восстановления лесных экосистем. Также мониторинг позволяет отслеживать процессы регенерации на постпирогенных территориях. Это включает в себя мониторинг роста новых растительных покровов, восстановления биоразнообразия, изменений в структуре почвы и других факторов, которые влияют на восстановление лесных экосистем.

Таблица 1
Значения нормализованного разностного вегетационного индекса (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI)

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0,1	0,5	0,7
Разреженная растительность	0,1	0,3	0,5
Открытая почва	0,25	0,3	0,025
Облака	0,25	0,25	0
Снег и лед	0,375	0,35	-0,05
Вода	0,02	0,01	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0,3	0,1	-0,5

Для территории Юга Западной Сибири на современном технологическом уровне развития методов дистанционного зондирования, а также при необходимости мультивременного анализа (20 и более лет) нами подтверждены характеристики сенсоров (табл.

1), которые дают детальную характеристику определённых сукцессионных процессов на постпирогенной территории, как и отсутствие их вследствие преодоления ассимиляционного потенциала окружающей среды.

Таким образом, использование в мультимедийном формате материалов дистанционного зондирования Земли сегодня позволяет на экономически-обоснованном принципе организовать на Юге Западной Сибири устойчивый лесопожарный мониторинг. Накопленные материалы позволяют на основе распространённого индекса выделять соответствующие элементы ландшафта, что, в свою очередь, позволяет оперативно внедрить автоматизированный мониторинг с последующим подключением искусственного интеллекта для обработки больших геоинформационных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багровская, Е. Н. Информационный вакуум локальных геоданных для практического геоэкологического применения при возведении и функционировании транспортных объектов / Е. Н. Багровская, Е. Н. Гимгин, Ю. В. Петров // Экологическая география: современные векторы в науке: Сборник научных трудов. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2024. – С. 81-86. – EDN MOLFSG.

2. Гонгальский, К. Б. Закономерности восстановления сообществ почвенных животных после лесных пожаров: специальность 03.02.08 "Экология (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Гонгальский Константин Брониславович. – Москва, 2015. – 306 с. – EDN TRHCPJ.

3. Затолокин, А. С. Эколого-географические приоритеты трансформации социально-экономического развития Тюменской области (без автономных округов) / А. С. Затолокин, Ю. В. Петров // Пространственная организация общества: теория, методология, практика: Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Михаила Дмитриевича Шарыгина, Пермь, 07–11 ноября 2023 года. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – С. 188-191. – EDN ZQXINQ.

4. Костылева, Н. В. Экологический ущерб: вопросы, вопросы... / Н. В. Костылева, В. И. Микишева, Т. В. Сорокина // Географический вестник. – 2010. – № 1(12). – С. 46-54. – EDN NCSHPJ.

5. Мальцев, А. А. Предложения для расширения сети мониторинга экзогенных геологических процессов на территории Тюменской области / А. А. Мальцев, Ю. В. Петров // Комплексное изучение экосистем горных территорий: Сборник материалов VI Кавказского Международного экологического форума, Грозный, 20–21 октября 2023 года. – Грозный: Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, 2023. – С. 235-240. – DOI 10.36684/102-1-2023-235-240. – EDN JJYKBT.

6. Умаров, Ш. Ш. Пути организации рационального лесного природопользования в Таджикистане / Ш. Ш. Умаров, Ю. В. Петров // Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий: Сборник научных статей, Красноярск, 09–10 ноября 2023 года. – Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, 2023. – С. 275-280. – EDN SBNTDA.

7. Transport connectivity of the organic production zone at the regional level / V. Aleschenko, O. Aleschenko, K. Maksimovich, Yu. Petrov // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 471. – P. 01002. – DOI 10.1051/e3sconf/202447101002. – EDN CGTPSV.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ

К.В. Селезнева, А.В. Селезнева, В.А. Селезнев
Seleznev53@mail.ru

*Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального
исследовательского центра РАН, г. Тольятти, Россия*

Проблема трансформации экологического состояния и гидрохимического режима водохранилищ под воздействием гидрометеорологических условий приобретает всё большее значение в условиях глобального потепления климата. Повышение температуры атмосферного воздуха и воды активизируют процесс массового развития цианобактерий (МРЦ), что способствует ухудшению качества воды и негативно влияет на водные биологические ресурсы.

Важнейшим показателем глобального потепления климата является рост температуры приземного слоя атмосферного воздуха. Начиная с 70-х годов прошлого века, каждое последующее десятилетие становилось теплее предыдущего. По данным Всемирной метеорологической организации, 2021 г. стал седьмым годом подряд, начиная с 2015 г., когда глобальная температура воздуха была выше на 1 °С до индустриального уровня (1850–1900 гг.) [1].

Наблюдаемое на территории России современное повышение температуры атмосферного воздуха приводит к изменению водных ресурсов в крупнейших речных бассейнах. В Волжском бассейне, начиная с 1970 г., наблюдается увеличение водности рек на 10–15 % за счет увеличения стока в зимнюю и летне-осеннюю межень [5]. Несмотря на определенные успехи, на наш взгляд, недостаточно внимания уделяется исследованию влияния глобального потепления климата на трансформацию термического режима, экологическое состояние и качество вод рек, озер и водохранилищ. Существует ограниченное количество исследований по этому направлению. На Рыбинском водохранилище (Верхняя Волга) дана оценка изменений температуры поверхностного слоя воды. За период 1976–2008 гг. установлена тенденция повышения средней температуры поверхностного слоя воды во все месяцы при максимальной скорости повышения в июле – 0,89 °С/10 лет [3]. На водохранилищах Средней и Нижней Волги установлено, что в жаркие и маловодные годы при повышении температуры воды в период летней межени наблюдается ухудшение кислородного режима, увеличение первичной продукции, рост органического загрязнения, что негативно влияет на функционирование водохранилищ и формирование качества воды [2, 4, 6, 7]. Поэтому необходимо продолжить исследования по оценке влияния климатических изменений на экологическое состояние водохранилищ. В данной работе в качестве объекта исследований выбрано самое крупное на Волге – Куйбышевское водохранилище, которое характеризуется замедленным водным обменом и благоприятными условиями для процесса МРЦ.

Сравнительный анализ данных многолетних наблюдений показывает, что за современный период (2015–2021 гг.) температура воздуха в приземном слое атмосферы на метеостанции Тольятти (граница Средней и Нижней Волги) постепенно увеличивается (рис. 1). В современный период средняя температура воздуха за безледоставный период (апрель–ноябрь) составила 13,6 °С, что на 2,1 °С выше соответствующей температуры исторического периода (1952–1979 гг.).

Самым жарким оказался 2021 г., когда средняя температура воздуха (Т) с апреля

по ноябрь достигла отметки 15,0 °С и превысила на 3,5 °С значение T исторического периода. В июле наблюдалась самая высокая среднемесячная температура воздуха, которая составила 24,6 °С и превысила июльское значение исторического периода на 4,3 °С. В течение всего июля средняя суточная температура воздуха 15 раз (половина месяца) превышала значение 25 °С, а максимальные значения в суточном диапазоне превышали 30 °С и составляли 32-39 °С.

Повышение температуры воздуха в современный период привело к увеличению поверхностной температуры воды (t) Куйбышевского водохранилища. Анализ данных многолетних наблюдений на гидрологическом посту г. Тольятти показал, что средняя t за современный период составила 13,7 °С и увеличилась на 1,6 °С по отношению к историческому периоду. В сезонном диапазоне максимальное увеличение t в современный период отмечено в июле (рис. 1), когда температура воды составляла 22,5 °С и на 2,0 °С превышала подобное значение для исторического периода.

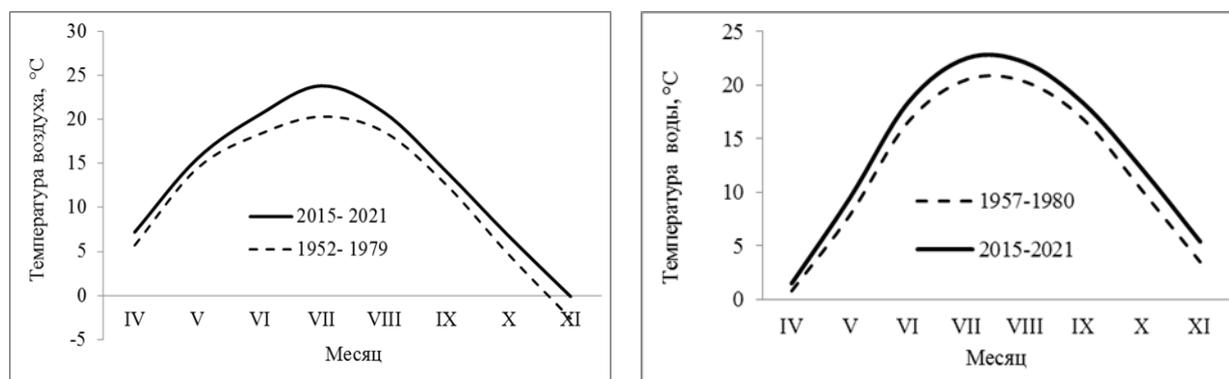


Рис. 1. Повышение температуры воздуха и воды на границе Средней и Нижней Волги

Из-за потепления климата в современный период увеличивается продолжительность теплого периода года по сравнению с историческим периодом. Количество дней между весенними и осенними переходами температуры воды через контрольные значения (0,2; 4,0; 10,0 °С) возросло на 17 дней для значения температуры воды 0,2 °С, на 12 – для значения 4 °С, на 15 – для значения 10 °С. Вода в водохранилище быстрее нагревается весной и медленнее охлаждается осенью. Весенний переход температуры воды через значения 0,2; 4,0; 10,0 °С наступает раньше на 11, 2 и 5 дней соответственно, а обратный осенний переход осуществляется позднее на 10, 10 и 6 дней.

Повышение T и t увеличивает продуктивность летнего фитопланктона. При достижении температуры воды более 22 °С в составе фитопланктона доминируют цианобактерии, численность и биомасса которых достигает значительных величин. Цианобактерии (синезеленые водоросли) – это значительная группа крупных бактерий, способных к фотосинтезу, сопровождающемуся выделением кислорода. Они могут быть одноклеточными и нитчатными, в том числе колониальными. Размеры этих микроорганизмов варьируют от 0,1–1 до 20–100 мкм. При благоприятных условиях для развития цианобактерий ($t \geq 22$ °С, ясная погода, отсутствие ветра и турбулентного перемешивания) взросление одноклеточных цианобактерий длится 6-12 часов и, как следствие, наблюдается процесс МРЦ и резко повышается экспорт метаболитов в водную среду. Отдельные представители цианобактерий способны продуцировать токсины.

По результатам гидрометеорологических наблюдений в период 2015-2021 годов определены параметры зоны температурного оптимума (ЗТО) для процесса МРЦ: продолжительность, интенсивность, верхняя и нижняя границы, которые зависят от гидро-

метеорологических условий конкретного года. Средняя продолжительность ЗТО составила 44 дня, наибольшая – 72 дня и наблюдалась в 2021 году, а наименьшая – 11 дней и наблюдалась в 2019 году. Наибольшая интенсивность ЗТО наблюдалась в 2021 году, когда 10 дней характеризовались слабой ($23\text{ }^{\circ}\text{C} > t \geq 22\text{ }^{\circ}\text{C}$), 15 дней – умеренной ($24\text{ }^{\circ}\text{C} > t \geq 23\text{ }^{\circ}\text{C}$), 23 дня – сильной ($25\text{ }^{\circ}\text{C} > t \geq 24\text{ }^{\circ}\text{C}$), 24 дня – очень сильной ($26\text{ }^{\circ}\text{C} > t \geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) и 7 дней – экстремальной ($t \geq 26\text{ }^{\circ}\text{C}$) интенсивностью. Наименьшая интенсивность наблюдалась в 2019 году, когда 10 дней характеризовались слабой и 1 день сильной интенсивностью. Верхняя граница ЗТО в 2021 году наблюдалась 21 июня, а нижняя – 1 сентября. В 2019 году верхняя граница наблюдалась 23 июня, а нижняя – 26 июля. Для процесса МРЦ наиболее благоприятным являлся 2021 год, а неблагоприятным – 2019 год. Следовательно, с ростом температуры воздуха и воды увеличивается продолжительность и степень интенсивности ЗТО.

Повышение поверхностной температуры воды и увеличение продолжительности теплого периода активизируют процесс МРЦ. Увеличение интенсивности и продолжительности этого процесса оказывает негативное влияние на трансформацию гидрохимического режима и вызывает дополнительные риски в сфере хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, ведения рыбного хозяйства и обеспечения рекреации.

Во время действия процесса МРЦ вода приобретает дополнительную цветность, неприятный запах и щелочную реакцию, увеличивается содержание взвешенных и растворенных органических веществ. По биохимическому потреблению кислорода (БПК₅) вода превышает предельно допустимую концентрацию (2 мг/дм^3) (рис. 2). В результате возникают серьезные проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой. Для решения данной водохозяйственной проблемы потребуются модернизация технологических схем и процессов для доочистки воды на городских станциях водоподготовки.

В жаркие маловодные годы резко увеличивается негативное влияние массового развития цианобактерий на формирование кислородного режима в водной массе (рис. 2). Принято считать, что сезонная изменчивость концентрации растворенного кислорода зависит только от противоположно направленных факторов, основными из которых являются: абсорбция кислорода в воду из атмосферы; поступление кислорода в воду в результате фотосинтеза водорослей; потребление кислорода на биохимическое окисление органических и минеральных веществ; потребление кислорода на дыхание гидробионтов.

Однако, есть основания предполагать, что существует дополнительный, ранее не учтенный фактор, оказывающий негативное влияние на формирование летнего дефицита кислорода. Этим фактором является процесс МРЦ. В результате фотосинтезирующей аэрации образуется поверхностный слой воды, перенасыщенный кислородом (150-200 %) и сдерживающий абсорбцию кислорода из атмосферы. Кроме того, обширные поля цианобактерий, образующиеся в ясную и безветренную погоду, частично задерживают поступление солнечной радиации в нижележащие слои, что препятствует фотосинтезу и выделению кислорода.

Низкие концентрации растворенного кислорода оказывают негативное влияние на экологическое состояние водохранилищ и жизнеспособность гидробионтов. От содержания кислорода в воде, а также скорости его поступления в организм при дыхании гидробионтов зависит интенсивность обменных процессов. При недостатке растворенного кислорода велика вероятность кислородного голодания (аноксия). Существенный летний дефицит кислорода отрицательно сказывается на росте и развитии гидробионтов и может привести к их массовой гибели. Особенно страдают от аноксии придонные обитатели водохранилища. В результате, из-за нарушения среды обитания гидробионтов

наноситься ущерб водным биологическим ресурсам, снижается вылов промысловых видов рыб.

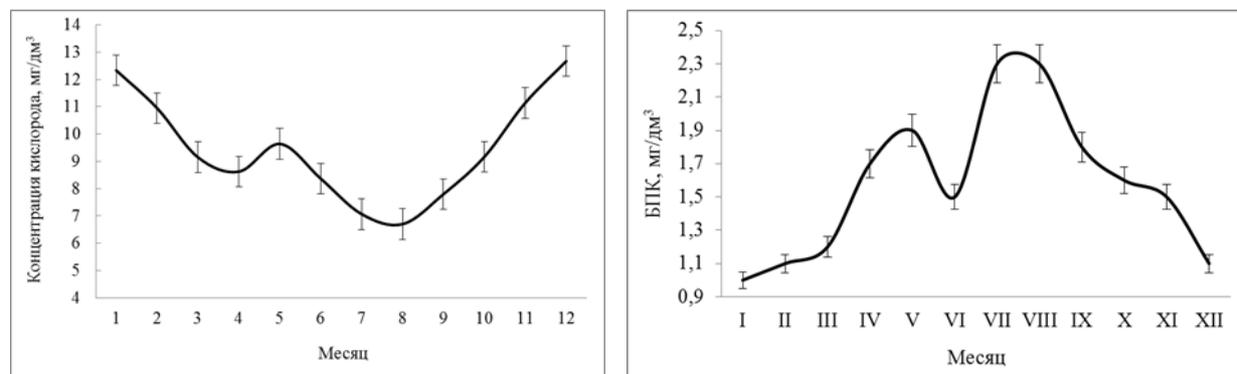


Рис. 2. Сезонная изменчивость концентрации кислорода и содержания органических веществ (по БПК) в воде

Повышение температуры воздуха и воды оказывало негативное влияние на состояние экосистем водохранилищ. В июле и августе наблюдалось снижение биологического разнообразия фитопланктона и доминирование цианобактерий, их численность и биомасса резко увеличивались. В результате наблюдалось снижение численности и биомассы зоопланктона, что негативно сказывалось на состоянии кормовой базы ихтиофауны. К настоящему времени установлено, что ихтиофауна водоёмов Средней и Нижней Волги подвержена серьёзным негативным изменениям, наносится ущерб водным биологическим ресурсам, снижается вылов промысловых видов рыб (лещ, судак, берш, окунь, чехонь, сом). Очевидно, что необходимо продолжить комплексные исследования влияния процесса МРЦ на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания для минимизации последствий климатической трансформации водных экосистем и качества водных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалова К.В. Трансформация термического режима Куйбышевского водохранилища на фоне глобального потепления климата / К.В. Беспалова, А.В. Селезнева, В.А. Селезнев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2023. – № 3. – С. 57–67.
2. Копылов А.И. Сезонные и межгодовые колебания первичной продукции фитопланктона в Рыбинском водохранилище: влияние погодных и климатических изменений / А.И. Копылов, Т.С. Масленникова, Д.Б. Косолапов // Водные ресурсы. – 2019. – № 46(3). – С. 270–277.
3. Литвинов А.С. Термический режим Рыбинского водохранилища при глобальном потеплении / А.С. Литвинов, А.В. Законнова // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 9. – С. 91–96.
4. Селезнев В.А. Антропогенное эвтрофирование крупных водохранилищ Нижней и Средней Волги в условиях глобального потепления климата (проблема и пути решения) / В.А. Селезнев, А.В. Селезнева, К.В. Беспалова // Мат-лы междунар. научно-практ. конф. «Глобальное распространение процессов антропогенного эвтрофирования водных объектов: проблемы и пути решения». – Казань, 2017. – С. 151–156.
5. Селезнева А.В. Изменение водности реки Волги в районе заповедного острова / А.В. Селезнева, К.В. Беспалова, В.А. Селезнев // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – № 1. – С. 31–49. DOI: 10.35567/19994508_2022_4_3.

6. Селезнева А.В. Массовое развитие водорослей на водохранилищах р. Волги в условиях маловодья / А.В. Селезнева, В.А. Селезнев, К.В. Беспалова // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 88–96.

7. Селезнева К.В. Содержание растворенного кислорода в воде Куйбышевского водохранилища в условиях массового развития водорослей / К.В. Селезнева, А.В. Селезнева, В.А. Селезнев // Вестник ВГУ. Сер. География. Геоэкология. – 2022. – № 3. – С. 97–108. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2022/3/97-108.

ОРУЖИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В.В. Синюков, Г.Л. Федий
sinukovhome@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Давно известно, что практически все новейшие достижения науки используются в военной сфере для разработки современного и перспективного оружия с целью достижения превосходства над противником. Так, в начале XXI века кроме обычного оружия, появилось перспективное оружие, основанное на новых физических принципах, документально доказано, что это оружие разрабатывается, испытывается и неоднократно применялось вооруженными силами стран блока НАТО в военных конфликтах последних десятилетий. Однако, последствия воздействия этого вида оружия на окружающую среду до конца не известны, поэтому актуальной задачей является анализ последствий его возможного применения и поиск мер защиты для личного состава, вооружения и военной техники.

В широком смысле под оружием на новых физических принципах подразумеваются новые виды и системы вооружения, поражающие факторы которых заключаются в ранее не использовавшихся в военном деле природных явлениях и физических процессах. Условность термина проистекает из того, что в большинстве имеющихся концепций и экспериментальных образцов такого оружия задействуются хорошо изученные физические принципы, которые ранее не применялись для прикладных разработок военного назначения. Более того, после успешного цикла разработки, производства, принятия на вооружение и насыщения им войск образцы оружия на новых физических принципах утрачивают элемент новизны и переходят в разряд традиционного вооружения [1].

По своим поражающим свойствам это оружие (большинство типов) может быть отнесено к оружию массового поражения. Его применение может привести к новому революционному и опасному скачку в военном деле. На основе анализа [1, 2] к таким видам оружия можно отнести: лазерное, ускорительное, сверхвысокочастотное, инфразвуковое, кибернетическое и геофизическое.

Лазерное оружие – особый вид перспективного оружия направленной энергии, основанный на использовании лазерного излучения для поражения личного состава и вывода из строя вооружения и военной техники.

Ускорительное (пучковое) оружие – перспективный вид оружия, основанный на использовании для поражения живой силы и военной техники потоков или пучков эле-

ментарных частиц (атомов водорода, гелия, лития и др.). Может быть использовано, главным образом, для поражения космических и воздушных целей.

Сверхвысокочастотное (СВЧ) оружие – такой вид оружия, который основан на использовании для поражения радиоэлектронных компонентов военной техники. В системе такого оружия могут быть применены генераторы энергии СВЧ в миллиметровом и сантиметровом диапазонах волн и соответствующие им антенные системы, в совокупности образующие направленное излучение. Обычно относится к оружию многократного использования. Наряду с этим ведется разработка взрывных генераторов однократного действия и бомб, поражающих электронику ВВСТ на расстоянии в десятки километров

Инфразвуковое оружие – перспективный вид оружия, основанный на поражающем воздействии на организм человека звуковых колебаний инфранизких (от единиц до 30 Гц) частот. Может быть использовано в качестве оружия массового поражения.

Кибероружие – специфические программные средства, предназначенные для контроля, дестабилизации или вмешательства в работу информационных систем и компьютерных сетей противника с целью подавления коммуникаций, политической агитации, выведения из строя управляемого с помощью ЭВМ оружия, решения иных задач [3].

Появление перспективных видов оружия является чрезвычайно опасным для окружающей среды и человека, и может привести к необратимым последствиям. Поэтому, необходимо отметить, что создание новых средств массового поражения личного состава Вооруженных сил РФ, вооружения и военной техники, гражданского населения и инфраструктуры городов, а также пагубного воздействия на экологический баланс планеты является, по существу, преступным и противоречит Конвенции о запрещении военного и любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду (1977 год), Конвенции о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (1972 год) [4].

Таким образом, несмотря на то, что разработка оружия, основанного на новых физических принципах, противоречит международным конвенциям, и появление его возможно лишь в перспективе, эксперименты уже проводятся.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оружие на новых физических принципах // Военная энциклопедия / Грачёв П. С. – Москва: Военное издательство, 2002. – Т. 6. – 158 с.
2. Белоус В.А. Оружие XXI века // Международная жизнь. – 2009. – № 1. – Электронный ресурс: <http://www.interaffairs.ru>.
3. Белоус В.А. Войны станут невидимыми. Независимое военное обозрение. – М.: Военное издательство, 2006. – С. 34–46.
4. Рогозин Д.О. Оружие на новых физических принципах. Словарь-справочник «Война и мир в терминах и определениях». – Электронный ресурс: <http://www.voina-i-mir.ru>.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В.В. Синюков, И.Р. Федий, О.Л. Ерин
sinukovhome@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Специалисты давно обратили внимание на опасность, связанную с возможностью создания геофизического оружия, в основе действия которого предполагается использование средств, вызывающих стихийные бедствия (землетрясения, ливни, цунами), а также разрушение озонового слоя атмосферы, предохраняющего животный и растительный мир от солнечного излучения. Геофизическое оружие основано на использовании средств воздействия в военных целях на процессы, происходящие в твердой, жидкой и газообразной оболочках Земли. При этом особый интерес представляют состояния неустойчивого равновесия, когда относительно небольшой толчок может вызвать катастрофические последствия и воздействие на противника мощных разрушительных сил природы.

Известно, что на севере Аляски развернут комплекс 24-метровых антенн, невольно привлекающих внимание метеорологов и экологов. Официальное название проекта – «High Frequency Active Auroral Research Program» (HAARP). Как утверждают американские представители, целью проекта HAARP является изучение способов улучшения радиосвязи, однако, по мнению ряда видных ученых, в действительности на Аляске ведутся руководимые Пентагоном работы в военных целях [1].

В частности, ученые полагают, что с помощью направленных антенн в ионосферу направляются пучки высокочастотных радиоволн, которые на больших высотах разогревают ионосферу до образования плазмы. Это создает энергетическую неустойчивость ионосферы, изменяющую розу ветров, вызывающую цунами, грозы, наводнения, снегопады.

На рисунке 1 представлен внешний вид антенного поля проекта HAARP на Аляске.

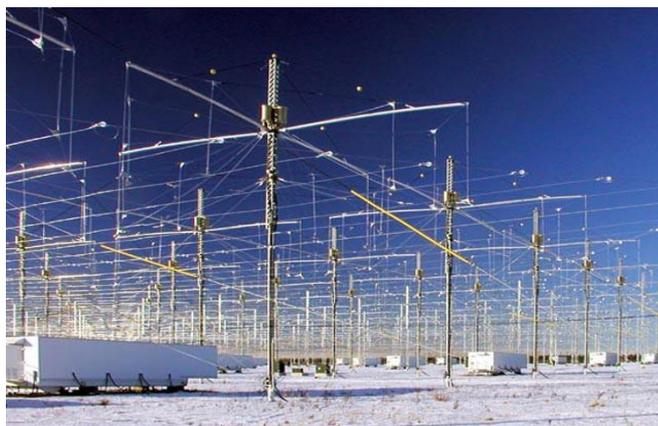


Рис. 1. Внешний вид антенного поля проекта HAARP на Аляске

В соответствии с [2, 3] по характеру воздействия на окружающую среду предлагается следующая классификация геофизического оружия:

- климатическое оружие – вид геофизического оружия, основанный на изменении метеорологической обстановки в атмосфере;
- озонное оружие – вид геофизического оружия, основанный на поражении озонового слоя над территорией противника;
- сейсмическое оружие – вид геофизического оружия, основанный на управлении энергией литосферы;
- экологическое оружие – вид геофизического оружия, основанный на причинении ущерба ключевым объектам среды обитания противника;
- гидросферное оружие – вид геофизического оружия, основанный на причинении ущерба противнику путём избирательного воздействия на гидросферу.

Климатическое оружие, воздействуя на атмосферу, приводит к изменению климата, температуры воздуха, образованию цунами, ураганов, смерчей. Работы по созданию климатического оружия имеют давнюю историю. Вскоре после окончания второй мировой войны в США стали интенсивно проводиться исследования по изучению процессов, происходящих в атмосфере под влиянием внешних воздействий: «Skyfire» (возможность образования молний), «Prime Argus» (способы вызова землетрясений), «Stormfury» (управление ураганами). О полученных результатах этой работы широко не сообщалось. Известно, что в 1961 году американскими учеными был проведен эксперимент по забрасыванию в атмосферу более трехсот пятидесяти тысяч медных двухсантиметровых игл, которые изменили тепловой баланс ионосферы. Полагают, что именно вследствие этого на Аляске произошло землетрясение амплитудой 8,5 баллов, а часть побережья Чили сползла в океан. Резкое изменение тепловых процессов, происходящих в атмосфере, может вызвать также образование мощных цунами [3]. Учитывая глубокую взаимосвязь климатических процессов на планете, применение климатического оружия будет иметь слабоуправляемый характер, то есть наносить значительный ущерб стране, которая применит такое оружие.

Большую опасность для окружающей среды и живых организмов представляет озонное оружие, действие которого основано на разрушении экранирующего озонового слоя, простирающегося на высоте от 10 до 50 км с максимумом концентрации на высоте 20–25 км и резким убыванием вверх и вниз.

Озон является одним из наиболее сильных окислителей, убивает микроорганизмы, ядовит. Его разрушение ускоряется в присутствии ряда газообразных примесей, в особенности брома, хлора, фтора и их соединений, которые могут быть доставлены в озоновый слой с помощью ракет, самолетов и других средств. Частичное разрушение озонового слоя над территорией противника, искусственное создание временных «окон» в защитном озоновом слое может привести к поражению населения, животного и растительного мира в запланированном районе Земного шара за счет воздействия больших доз жесткого ультрафиолетового и других излучений космического происхождения [4]. Соответственно, озонное оружие может представлять собой набор средств (например, ракеты, оснащенные химическими веществами типа фреонов) для искусственного разрушения слоя озона над выбранными районами территории противника.

Действие сейсмического оружия основано на использовании энергии литосферы, то есть внешней сферы «твердой» Земли, включающей земную кору и верхний слой мантии. При этом поражающее действие проявляется в виде таких катастрофических явлений, как извержение вулканов, перемещение геологических образований, землетрясений. Источником выделяющейся при этом энергии является напряженность в тектонически-опасных зонах.

Гидросферное оружие основано на использовании в военных целях энергии гидросферы. Гидросфера – это прерывистая водная оболочка Земли, располагающаяся между атмосферой и твердой земной корой (литосферой). Она представляет собой совокупность океанов, морей и поверхностных вод. Использование энергии гидросферы в военных целях возможно при воздействии на гидроресурсы (океаны, моря, реки, озера) и гидросооружения не только ядерных взрывов, но и крупных зарядов обычного взрывчатого вещества. Поражающими факторами гидросферного оружия могут быть сильные волны и затопления.

Действие экологического оружия основано на катастрофическом изменении биосферы. Биосфера охватывает часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, которые взаимосвязаны сложными биохимическими циклами миграции веществ и энергии. В настоящее время имеются химические и биологические средства, применение которых на обширных территориях может уничтожить растительный покров, поверхностный плодородный слой почвы, запасы продовольствия.

В целом появление перспективных видов оружия является чрезвычайно опасным для окружающей среды и человека, и может привести к необратимым последствиям. Поэтому, необходимо отметить, что создание новых средств массового поражения личного состава Вооруженных сил РФ, вооружения и военной техники, гражданского населения и инфраструктуры городов, а также пагубного воздействия на экологический баланс планеты является, по существу, преступным и противоречит ряду основополагающих Международных правовых документов, таких как:

– Конвенция о запрещении военного и любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду (1977 год);

– Конвенция о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении (1972 год) [5].

Таким образом, установлено, что геофизическое оружие существует и продолжает совершенствоваться в странах входящих в блок НАТО, однако применение его пока является затруднительным, т.к. оно не совершенно и последствия его применения могут оказать значительное влияние на экологическую обстановку своей территории. Тем не менее, зарубежные военные специалисты предвещают перспективное будущее некоторым образцам вооружений, основанным на новых физических принципах, в этой связи актуальными являются разработки отечественными специалистами ряда мер по изучению воздействия на окружающую среду, предупреждению, защите войск и гражданского населения от последствий возможного применения этого вида оружия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров В.А., Лебедев А.В. Анализ состояния и тенденций развития современных видов оружия // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2012. – Т. 2, № 3. – С. 61–80.

2. Черных Г.С., Старостин А.С. Оружие на новых физических принципах, проблемы защиты населения и территорий от его поражающих факторов // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2015. – Т. 5, № 2. – С. 22-37.

3. Экологическое оружие//Военная энциклопедия / Грачёв П.С. – Москва: Военное издательство, 2004. – Т. 8. – С. 485-497.

4. Климатическое оружие // Военная энциклопедия / Грачёв П.С. – Москва: Военное издательство, 1999. – Т. 4. – С. 68-76.

5. Рогозин Д.О. Оружие на новых физических принципах. Словарь-справочник «Война и мир в терминах и определениях». – Электронный ресурс: <http://www.voina-i-mir.ru>.

КОНТИНЕНТАЛЬНОСТЬ, ОКЕАНИЧНОСТЬ И АНОМАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ТИХООКЕАНСКОЙ РОССИИ

Г.П. Скрьльник
skrylnik@tigdvo.ru

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Развитие геосистем Дальнего Востока протекает под громадным, но противоречивым по своему характеру двойным влиянием континента и океана. Такое влияние проявляется прямо или опосредованно – через своеобразные дальневосточные климаты. Для последних характерными чертами являются: 1) большая значимость в их формировании циркуляционных факторов; 2) главенствующая роль океанического влияния в теплый период года, когда действует летний муссон, и континентального – в холодный период, когда муссонная циркуляция накладывается на западный перенос воздушных масс; 3) резкие и разнонаправленные (внутри- и межсезонные, годовые, многолетние, вековые ритмы и т. д.) и разноплановые (региональные, локальные, высотно-поясные) контрасты тепла и влаги на резко выраженном ветровом фоне [2]. В ходе многопланового взаимодействия континентальности и океаничности, в конечном счете, создаются особые биометеоэнергетические предпосылки для развития специфических геосистем и одновременно геоморфологических ландшафтов – своеобразных регуляторов устойчивости общих геосистем.

Наиболее ярко такие воздействия отмечается при участии континентальности (К) и океаничности (О). Каждому типу К и О на Дальнем Востоке отвечает свой спектр аномальных явлений (АЯ):

а) в области преобладающей континентальности характерны следующие АЯ – суховеи (им отвечают высокие температуры воздуха в околополуденные часы – от 25-35⁰ до 45, а на почве до 60⁰; дефицит влаги до 15-35%; сильные ветры до и более 20 м/сек), пылевые смерчи, засухи, иссушение почвы и гибель растений, пожары, физическое (температурное) выветривание, морозобойное трещинообразование и трещины усыхания, курумообразование, камнепады, осыпи и т.д.;

б) в области преобладающей океаничности АЯ следующие – тайфуны, шторма и штормовые нагоны, ливни, наводнения, сели, обвалы и оползни, эрозионные размывы, снежные лавины и другие.

Эволюция типичных процессов осложняется «всплесками» критичности, кризисности и далее «взрывами» катастрофизма.

Особо подчеркнем, что типичные процессы подчиняются учету и прогнозированию, а аномальные – только возможному появлению, стремлению недопущения и способов минимизации.

Среди общих характерных свойств в аномальном развитии ГС в рамках природных зон от Севера до Юга прослеживается расширяющийся спектр и повышение интенсивности аномальных деструктивных и конструктивных контрастов, с концентрацией их крайних состояний в пределах островных дуг и мегапобережий. Это объясняется направленным возрастанием гидротермодинамической напряженности, одновременно иллюстрируемой пространственной картиной повышающихся воздействий К (в основном зимней) и О (преимущественно муссонности). Последним присуща четкая пространственно-временная дифференциация по нарастанию интенсивности от центральных областей континента и океана к переходным между ними или трансграничным.

Отличительные признаки по их содержанию следующие: для первых двух – соответственно, аридность и гумидность; для третьих – меж- и внутрисезонная смена аридности и гумидности и, в итоге, пространственно-временная их контрастность [5].

На районно-локальном уровне среди процессов, термодинамически значимых и приводящих к сравнительно значительному эффекту, на *Севере Дальнего Востока* выступают:

На *Чукотке* – «взрывы» активности криогенеза и (или) «малого» гляциогенеза (морозобойного трещинообразования; солифлюкции; формирования трещинно-жильных полигонов; сезонной динамики термокарста).

На *Камчатке* – вулканические извержения, землетрясения, обвалы, осыпи, сели и грязекаменные потоки, цунами.

На *Континентальном Юге Дальнего Востока* морфогенетические трансформации ГС возникают: 1) в результате возрастания летней О (из-за катастрофических атмосферных осадков в ходе прохождения глубоких циклонов с запада и мощных тайфунов с юга, вызывающих резкие и высокие наводнения и эрозию берегов, в речных долинах; 2) из-за «взрывов» обвально-оползневых процессов (рис. 1а,б), а также частых прохождений цунами (рис. 2А,Б); 3) из-за увеличения зимней К – в результате усиления криогенеза (например, активизации курумообразования, в частности, на охотоморском мегабереге) на фоне возрастающего зимнего похолодания; 4) одновременно с параллельной активизацией северных и (или) южных континентальных влияний (с которыми связано формирование 2-х вариантов климатической асимметрии склонов долин малых рек); 5) из-за глубокой аридизации степных и лесостепных природных обстановок, на фоне преимущественно редких длительных антициклональных ситуаций; и других.

На фоне значительного вклада типичных процессов в эволюционное развитие ГО (особенно, геосистем), заметно существенная роль принадлежит аномальным процессам. При этом последние для развития ГС – не всегда “плохо”. Так, критические и частично кризисные, “разумно” корректируя организацию ГО, повышают общую устойчивость ГС. С действием кризисных процессов “выводящих объекты из равновесных состояний, связано начало перестройки всей организации ГС (вплоть до смены траектории развития), что приводит к их разрушению – катастрофам. Заметим, что последние, отмечаемые на нижних уровнях организации ГО, не разрушают ГС более высоких уровней. Эти ГС, обладая относительно высокой устойчивостью, не только “залечивают” свои изъяны, но часто «помогают» восстановиться локальным, нижележащим ГС.

Протекание и аномальное проявление процессов в морфогенезе еще сдерживается относительно высокой устойчивостью и пластичностью естественных ГС. Особенно это явно прослеживается в пределах береговых систем, хотя последние и не всегда противостоят сейсмическим обвалам и оползням. Здесь громадную роль в устьях рек играет “совмещение” мощных штормовых нагонов и катастрофических наводнений. На отдельных участках активно происходит перестройка аккумулятивных форм. Там, где прибрежная зона испытывает дефицит наносов, аккумулятивные формы довольно активно смещаются в сторону берега (например, надвигание пляжей на лагунную террасу на участке п. Девятый Вал – п. Шмидтовка, к северу от устья р. Барабашевка; местами смещение здесь береговой линии в сторону суши – на 20-35 м за 40 лет), а на участках сильного антропогенного вмешательства (изъятие песка) – крайне интенсивно идет размыв террас, пляжей и подводного берегового склона (в заливе Восток и проливе Стрелок, в бухте Триозерье, на участке от устья р. Туманной до п-ова Песчаного; и др.).



Рис. 1. Крупный оползень (11.12.2018 г. – один из крупнейших в России за последние десятилетия) на крутом северном левом склоне долины р. Буря в 20 км выше впадения в нее большого левого притока (р. Тырма), полностью перекрывшего высокой плотной из обломков скальных пород заполненную водохранилищем Бурейской ГЭС долину реки:
 а – общий вид оползня и его стенка срыва (в виде амфитеатра);
 б – оползневое тело этого же оползня.
 Фото с вертолета А.Н. Махинова.



А Б

Рис. 2. Бухта Зеркальная (Кавалеровский р-н, юго-восток Приморья). Общая панорама (А) до трансформации пляжа, и его облик (Б) после прошедшего цунами в 1993 г.
 Фото А.М.Короткого, 1993 г.

На Дальнем Востоке в условиях нарастания континентальности происходят взаимные переходы типичных и аномальных (чаще критических, значительно реже кризисных и крайне редко катастрофических) процессов, при возникающем критическом «сближении» пограничных энергетических уровней.

В муссонно-континентальных условиях (в степной зоне) границы между типичными и аномальными процессами подготавливаются к взаимным переходам с момента выпадения атмосферных осадков и возникновения аномальных ситуаций, а с их усилением быстро размываются в сжатые сроки. В результате прежние типичные процессы относительно быстро превращаются в аномальные. В условиях же континентального муссона в лесных экосистемах такие взаимные переходы возникают в ходе большего возрастания атмосферных осадков и, следовательно, на более высоких энергетических

уровнях. Здесь они протекают на первых этапах плавно и с «временным» запаздыванием за счет сдерживания их лесной растительностью как своеобразного буфера, а далее с возрастающей скоростью по мере увеличения поступления атмосферной влаги.

Можно с уверенностью заключить, что взаимные переходы типичных и аномальных процессов в развитии геосистем Дальнего Востока России фактически обоснованы и вполне справедливы [6].

Отмечаются многие особенности динамики геосистем и аномальных процессов. Так, например, в береговой зоне возрастают число и интенсивность аномальных процессов: увеличивается повторяемость штормов и штормовых нагонов, а также усиливается размыв морских побережий и подводного берегового склона и т. п. В результате полоса активного взаимоналожения и взаимопроникновения континентальности и океаничности, в настоящее время подчеркиваемая пестрым чередованием «чуждых» по происхождению форм, процессов и образований (в гольцовой зоне среднегорий – курумообразование и мерзлотная сортировка грунтов; по долинам горных рек – наледи и др.), смещается к востоку, к береговой зоне. Частота повторяемости экстремальных процессов и их воздействия на геосистемы в материковой окраине российского Дальнего Востока в последние десятилетия возрастает.

Уровни устойчивости и пластичности общих ГС не беспредельны, т.к. главные их резервы, соответственно, от геоморфологических (из-за их консервативности) и фитосистем (из-за их пластичности), в конечном счете, все же ограничены. Вероятно, сейчас они находятся у своего предела, о чем и свидетельствует, в частности, направленное увеличение природных, а в условиях антропогенного "пресса" и техногенных катастроф [4].

Колебания подвижной границы между областями континентальности и океаничности (К и О) на юге российского Дальнего Востока вызывают в регионе направленные изменения их площадей. Одновременно происходят миграции и поочередные наложения связанных с ними ареалов континентальных и океанических аномальных явлений и процессов (АЯ и АП). Максимальные уровни континентальности и океаничности отмечаются в окраинно-материковой зоне их взаимопроникновения, где практически «смыкаются» и территориально находятся на границе «континент – океан».

В соотношении величин континентальности и океаничности, по нашим данным, заложен процент вероятности зарождения и развития, соответственно, родственных аномальных процессов (АП). Так, например, уже сейчас на восточной окраине Евразийского материка на ход ландшафтогенеза усиливается влияние зимней континентальности и относительно ослабевающей океаничности (особенно явно со 2-й половины прошлого столетия). Здесь, на территории Охотоморского мегаберега – арене повсеместно господствовавшего влияния океаничности, зарождаются новые и возрождаются древние курумы (как продукт континентального рельефообразующего влияния), где еще недавно они присутствовали только в реликтовых формах [5]. Одновременно с этим возрастает число и интенсивность аномальных процессов в береговой зоне – возрастает повторяемость штормов и штормовых нагонов, а также размыв морских побережий и подводного берегового склона и т.п.; расширяется ареал черной березы (индикатора континентальности) к востоку – до главного водораздела хребта Сихотэ-Алинь [3]. В результате полоса активного взаимоналожения и взаимопроникновения континентальности и океаничности в настоящее время, подчеркиваемая пестрым чередованием «чуждых» по происхождению форм, процессов и образований (в гольцовой зоне среднегорий: курумообра-

зования и мерзлотной сортировки грунтов – нивационных форм; по долинам горных рек: наледей – дефляции с эоловым перемещением снега; и других), смещается к востоку, к береговой пограничной зоне.

Использование характеристик континентальности и океаничности позволяет определять экологические риски и имеет высокий потенциал применения в решении актуальных задач. Поэтому выбор стратегии рационального природопользования в рассмотренных районах должен учитывать существующие риски и определяемые ими экологические ограничения [1].

Возможность возникновения, частота, величина и характер взаимодействия экстремумов и катастроф на фоне типичных процессов определяют характерные для каждой природно-климатической зоны Дальнего Востока пороговые значения устойчивости разноуровневых геосистем. Выявление же устойчивости последних необходимо здесь для решения проблем рационального природопользования. Это особенно актуально для динамически напряженных дальневосточных материковых окраин и, прежде всего, для их восточных секторов в умеренном поясе.

В целом, грань между аномальными процессами (критичности, кризисности и катастрофизма) и типичными в развитии ГС на Севере и Юге Тихоокеанской России постепенно истончается. Часто они уже «смыкаются» с типичными, становясь с ними во многом схожими. Рамки «природных рисков» на временной шкале развития ГС, которые приобретают повышенную устойчивость при возникающем динамическом равновесии, направленно отодвигаются от прежнего положения во времени в сторону катастроф.

Экзогенные кризисные обстановки и катастрофы, в известной мере, ожидаемы, что позволяет вносить определенные коррективы в практику природопользования с учетом устойчивого развития территории. Это будет способствовать нормализации природной среды в пределах Дальнего Востока. Сейчас это крайне актуально [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Качур А.Н., Скрыльник Г.П. Континентальность и океаничность как показатели современного экологического состояния российского Дальнего Востока // География и природные ресурсы. – 2022. – №3. – С. 40-45.
2. Короткий А.М., Коробов В.В., Скрыльник Г.П. Аномальные природные процессы и их влияние на состояние геосистем юга российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 265 с.
3. Куренцова Г.Э. Естественные и антропогенные смены растительности Приморья и Южного Приамурья. – Новосибирск: Наука, 1973. – 231 с.
4. Осипов В.И. Управление природными рисками // Вестник РАН. – 2002. – Т. 72, № 8. – С. 678-686.
5. Скрыльник Г.П. Своеобразие катастрофических и экстремальных явлений и процессов в климоморфогенезе юга Дальнего Востока // Климоморфогенез и региональный географический прогноз. – Владивосток: ТИГДВО АН СССР, 1990. – С. 10-20.
6. Скрыльник Г.П. Динамические взаимопереходы типичных и аномальных процессов в развитии геосистем Тихоокеанской России // Успехи современного естествознания. – 2024. – №3. – С. 74-80.

СПОСОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ МЕГАПОЛИСОВ НА ОСНОВЕ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРА

А.В. Соловьев
solovev@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Для территории Юга Западной Сибири на современном технологическом уровне развития методов дистанционного зондирования, а также при необходимости мульти-временного анализа (20 и более лет) нами подтверждены характеристики сенсоров (табл. 1), которые дают детальную характеристику определённых сукцессионных процессов на постпирогенной территории, как и отсутствие их вследствие преодоления ассимиляционного потенциала окружающей среды.

Урбанизация оказывает влияние на формирование микроклимата в отдельных районах крупных городов. Наиболее заметное подобное влияние прослеживается в промзонах мегаполисов. Из-за дополнительного выброса тепла от промышленных объектов могут наблюдаться значительные контрасты температур, сдвиги ветра, образование локальных зон туманов на небольших территориях, сравнимых по размеру городских районов. В свою очередь, ветровая обстановка оказывает существенное влияние на направленность и скорость распространения загрязняющих веществ в атмосфере.

Прогнозирование локальных изменений параметров ветра с целью мониторинга распространения загрязняющих веществ осложнено из-за низкой детализации исходных метеоданных по территории промышленных городов. Одним из подходов к решению данной проблемы может быть основано на графоаналитическом моделировании метеорологических процессов с использованием коротких рядов наблюдений.

В качестве района проведения исследования был рассмотрен Metallургический район города Челябинска и одно из градообразующих предприятий Челябинский металлургический комбинат (ЧМК), как один из наиболее крупных производственных предприятий в Российской Федерации. Согласно представленным данным Челябинского центра по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения окружающей среды объем выбросов в атмосферу ЧМК за 2022 г. составил 51,3 тыс. т, что составило 46,6 % от общего количества [4]. Концентрация формальдегидов за этот же год по городу Челябинску составила 2,7 ПДК. Также установлен очень высокий уровень загрязнения воздуха среднего значения за год концентрации фторида водорода, озона, бен(а)пирена и марганца, превышающий санитарно-гигиенические нормы [1].

В качестве исходных данных при построении графоаналитической модели использовались показания направления и скорости с измерителей параметров ветра и датчиков ветрового зондирования до высоты 100 м за период с января 2018 по декабрь 2023 г. метеостанции 28642 (Метеорологическая станция города Челябинска-аэропорта «Баландино»), расположенной на удалении 2 км от металлургического комбината в северо-восточном направлении.

В рамках проводимого исследования с учетом экологической специфики рассматриваемого района города Челябинска было предложено использовать при прогнозировании параметров ветра графоаналитическое моделирование с целью повышения качества оценки ожидаемой ветровой обстановки в районах с повышенным уровнем атмо-

сферного загрязнения [3]. Графическое представление процесса прогнозирования с применение сформировавшейся фигуры на основе данных, последовательно полученных метеорологических наблюдений за основные сроки и переведенных в номерные обозначения, представлены на рисунке 1.

Согласно рисунку 1 для каждой сформировавшейся фигуры (из фактических данных скорости или направления ветра) характерно m возможных ожидаемых событий. За прогностическое принимается то событие, которое является наиболее вероятным для некоторого k -го периода при максимальном значении $P_i(k)$. При этом $P_i(k)$ – это вероятность i -го порядка из множества $(P_0, P_1, P_2, \dots, P_m)$.

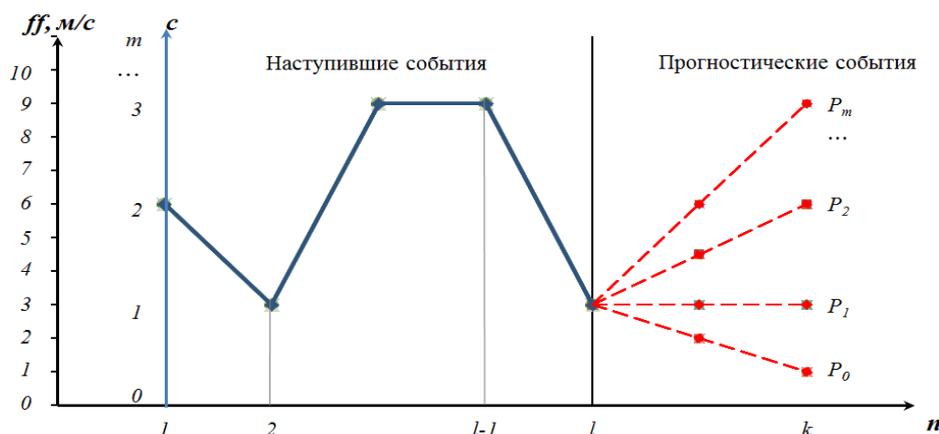


Рис. 1. Схематическое представление прогнозирования на основе графических фигур фиксированной длины для скорости ветра

С использованием выражения (1) и полученного наиболее вероятного события выполняется расчет прогностического значения скорости ветра для k -го периода.

$$ff_{\text{пр}} = \frac{27}{m+1} * \left(c_{ff} \pm \frac{(c_{m+1} - c_1)}{3 * m} \right), \text{ при } j = 1, 2, \dots, m+1, \quad (1)$$

где $ff_{\text{пр}}$ – прогностические значения скорости ветра у земли; c_{ff} – наиболее вероятный исход в номерном обозначении скорости ветра; c_1 и c_{m+1} – первое и крайнее номерное обозначение.

Аналогичным образом выполняется процедура прогноза для направления ветра в k -м периоде, но с использованием выражения (2).

$$dd_{\text{пр}} = \frac{360^\circ}{m+1} * \left(c_{dj} \pm \frac{(c_{m+1} - c_1)}{3 * m} \right), \text{ при } j = 1, 2, \dots, m+1, \quad (2)$$

где $dd_{\text{пр}}$ – ожидаемое направление ветра; c_{dj} – прогностический исход в номерном обозначении для направления ветра.

Второе слагаемое в скобках в правой части уравнений (1)-(2) включает в себя учет влияния повышенного (знак «+») или пониженного давления (знак «-») на изменение параметров ветра.

Для использования в практической деятельности экологом в ходе организации экологического мониторинга к полученной графоаналитической модели (выражения (1)-(2) и разработанный порядок перехода к графическим фигурам) необходимо применить процедуру адаптации к погодно-климатическим условиям в районе аэродрома Баландино.

Для формирования переходной таблицы 1, выявления типовых фигур, а также построения матрицы с наиболее вероятностными исходами (таблица 2) были использованы архивные материалы наблюдений с 2018 по 2023 гг.

Таблица 1

Перевод скорости и направления ветра в номерные обозначения

Система номерных обозначений									
№-ое обозначение	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Середина градации	0	3	6	9	12	15	18	21	24
Скорость ветра, м/с	[0;1]	[2;4]	[5;7]	[8;10]	[11;13]	[14;16]	[17;19]	[20;22]	[23;25]
Середина градации	0°	40°	80°	120°	160°	200°	240°	280°	320°
Направление ветра, °	(340; 20]	(20; 60]	(60; 100]	(100; 140]	(140; 180]	(180; 220]	(220; 260]	(260; 300]	(300; 340]

Данные каждого месяца 2018, 2019, 2021, 2022 гг. использовались для формирования обучающей совокупности графических фигур фиксированной длины, остальные данные рассматривались как контрольные.

Для выполнения расчетов условных вероятностей $P(c_j|C_i)$ появления ожидаемого исхода в прогностическом периоде k определялась абсолютная частота появления графических фигур на рассматриваемом временном ряде (таблица 2). Каждый 3, 6 и 12 срок наблюдения, следующий за оцениваемой сформированной типовой фигурой, рассматривался как прогностический. Далее определялась абсолютная частота появления ожидаемого исхода по тому же материалу обучающей выборки. По полученным данным рассчитывались условные вероятности и формировалась матрица наиболее вероятностных прогностических исходов.

В ходе проводимого исследования было принято решение при использовании полученной графоаналитической модели изменчивости параметров ветра учитывать барические образования. Было рассмотрено 9 основных синоптических ситуаций: антициклон, восточная и западная периферии антициклона; гребень, ложбина; малоградиентное барическое поле; центральная, передняя и тыловая части циклона.

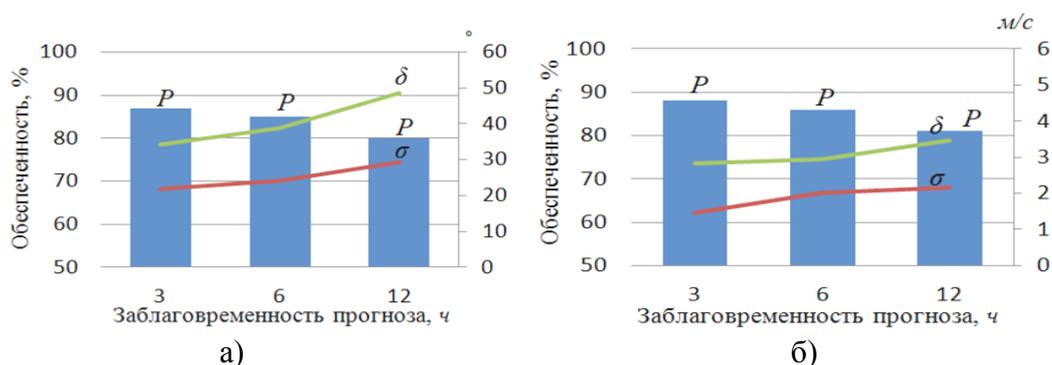
Для каждого случая были сформированы свои таблицы наиболее вероятностных прогностических исходов на сформированном материале обучающей совокупности по принципу построения таблицы 2.

После проведения процедуры адаптации к погодно-климатическим условиям территории архипелага Новая Земля с учетом типовых барических образований была выполнена оценка успешности прогнозирования направления и скорости ветра с применением подходов графоаналитического моделирования. В качестве показателей качества рассматривались [2]: средняя абсолютная ошибка (δ); средняя квадратическая ошибка (σ); общая оправдываемость прогноза (P).

Условные вероятности прогностических значений параметров ветра в номерном обозначении

Графическая фигура	Прогностический период					
	$t_{исх}+3ч$		$t_{исх}+6ч$		$t_{исх}+12ч$	
	k	$P(c_j C_i)$	k	$P(c_j C_i)$	k	$P(c_j C_i)$
Направление ветра у земли						
«0000»	«0»	93%	«0»	91%	«0»	90%
«0001»	«1»	94%	«1»	92%	«0»	90%
...
Скорость ветра у земли						
«0000»	«1»	94%	«0»	93%	«1»	90%
«0001»	«1»	95%	«1»	93%	«1»	91%
...

В соответствии с установленными требованиями РД 52.27.284-91 были получены следующие значения обеспеченности и используемых ошибок прогнозирования на периоды прогнозирования с заблаговременностью на 3, 6 и 12 часов без учета синоптической ситуации.

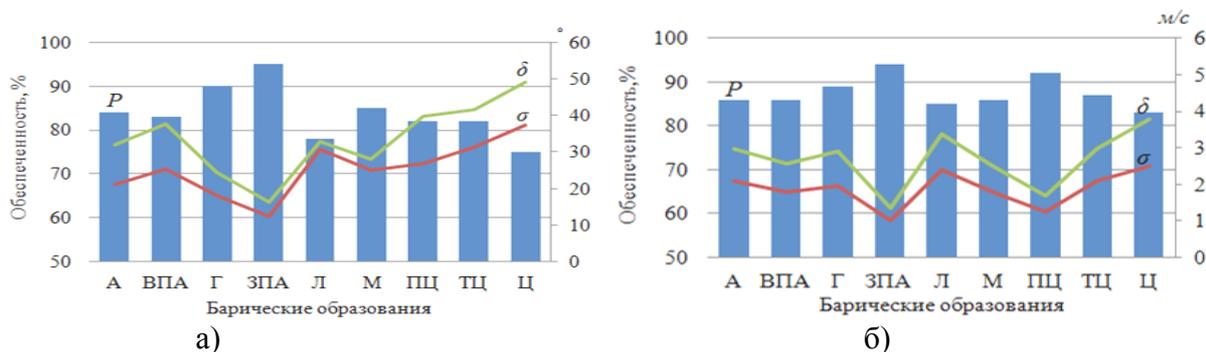


а) для направления ветра; б) для скорости ветра

Рис. 2. Показатели качества прогнозирования параметров ветра в районе расположения ЧМК без учета синоптической ситуации

Наилучшие результаты были получены при прогнозировании направления и скорости ветра с заблаговременностью на 3 часа. Общая оправдываемость прогноза в данном случае составила 87 % и 88 %, а среднеквадратическая ошибка 34° и 2,8 м/с соответственно.

Анализ показателей успешности при использовании графических фигур, характерных для рассматриваемых типовых барических образований, в процессе прогнозирования параметров ветра с заблаговременностью 6 часов представлены на рисунке 3.

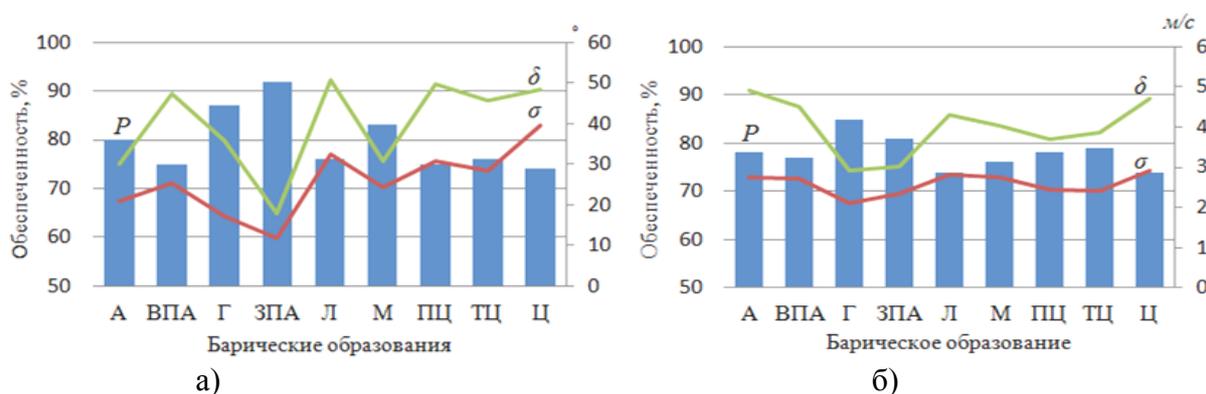


а) для направления ветра; б) для скорости ветра

Рис. 3. Показатели качества прогнозирования параметров ветра в районе расположения ЧМК с учетом синоптической ситуации

Согласно представленным данным на графиках рисунка 3 наилучшим образом выполнялось прогнозирование направления и скорости ветра в западной периферии антициклона, худшие результаты были получены в циклоне.

Анализ показателей успешности при прогнозировании параметров ветра с заблаговременностью 12 часов представлены на рисунке 4.



а) для направления ветра; б) для скорости ветра

Рис. 4. Показатели качества прогнозирования параметров ветра в районе расположения ЧМК с учетом синоптической ситуации

Согласно результатам анализа, представленного на графиках рисунка 4, наилучшие показатели были получены также в западной периферии антициклона для направления скорости ветра и в гребне для скорости ветра. Наихудшие показатели успешности были получены в циклоне.

Использование при организации экологического мониторинга с применением прогностических данных о ветровой обстановке, полученных на основе графоаналитического моделирования, позволяет оценивать направление и скорость распространения загрязняющих веществ в жилые районы города Челябинска, что дает возможность экологам своевременно выработать необходимые рекомендации и организовать профилактические мероприятия совместно с руководством ЧМК и сотрудниками МЧС. На основе предложенного научно-методического аппарата при учете синоптического положения и сравнительно небольшом объеме исходных метеоданных были разработаны прогнозы

направления и скорости ветра с заблаговременностью 3, 6 и 12 часов в Metallургическом районе города Челябинска с общей оправдываемостью 74-95 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодник состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2022 г.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – СПб: Росгидромет, 2023. – 255 с.

2. Методические указания по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов (РД 52.27.284-91) / под ред. В.И. Кузьменко. – СПб: Гидрометеоздат, 1991. – 151 с.

3. Соловьев А.В. Прогнозирование параметров ветра на основе графоаналитического моделирования / А.В. Соловьев // Информатика: проблемы, методы, технологии: сборник материалов XXIV МНПК / под ред. Д.Н. Борисова; 14-15 февраля 2024 г., Воронеж. – Воронеж: ВГУ, 2024. – С. 504-509.

4. Мониторинг текущей экологической ситуации по сведениям Челябинского гидрометеоцентра: сайт Общественного движения за природу г. Челябинска. [Электронный ресурс]. 2022. – URL: [http:// https://za-prirodu.ru/page/monitoring](http://https://za-prirodu.ru/page/monitoring) (дата обращения: 25.05.2024).

ВЛИЯНИЕ ВОЛН ТЕПЛА НА УРОВЕНЬ КОМФОРТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА

А.А. Стефанович, Е.Н. Воскресенская
amazurenko@mail.ru

Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия

Введение. Изменение климата уже сейчас проявляет себя в виде возрастающей частоты экстремальных погодных явлений, а тепловые волны становятся особенно актуальным вызовом для здоровья людей. Недавнее исследование австралийских ученых показало, что частота и продолжительность тепловых волн увеличивались с 1950-х годов почти во всех частях мира. Наиболее быстро аномальная жара меняется в таких регионах, как Средиземноморье. Аналогичные изменения наблюдаются и на побережье Черного моря.

Материалы и методы исследований. Для выделения периодов аномальной жары на территории Крыма использовались ежедневные метеорологические данные реанализа ERA5 за 1950–2020 гг. с корректировкой на основе данных станционных наблюдений 22 метеостанций полуострова. Анализ проводился для теплого периода с мая по октябрь, поскольку именно в эти месяцы наблюдается наибольшая вероятность возникновения тепловых волн. Чтобы оценить комфортность аномальных климатических условий и возможные риски для здоровья населения во время тепловых волн, в исследовании использовались 4 тепловых индекса, которые учитывают, как простые показатели температуры воздуха, так и более сложные комплексные индексы. Средняя (T_{mean}) и максимальная (T_{max}) суточные температуры были использованы для характеристики температуры окружающей среды в каждый конкретный день. Биоклиматические индексы выступают инструментами для оценки рисков для здоровья человека. В качестве наиболее

информативного биоклиматического показателя в работе был рассчитан индекс физиологически эквивалентной температуры (PET) (средние и максимальные суточные значения), относящийся к группе индексов, основанных на моделях энергетического баланса человека [2].

Идентификация тепловых волн осуществлялась следующим образом. Для каждого температурного индекса рассчитывался так называемый порог жары: 97%-ый процентиль распределения средних либо максимальных значений температуры за теплый период года с мая по октябрь (табл. 1). Тепловой волной считается период, продолжительностью более 5 дней, когда значения температуры (либо какого-то другого теплового показателя) превышают её пороговые значения [1]. Таким образом получено 2 ансамбля тепловых волн – для средних и максимальных значений температуры воздуха. Далее оценивался уровень комфортности климатических условий во время волн тепла на основе средних и максимальных за сутки значений биоклиматического показателя PET.

Результаты. Анализ показал, что количество и продолжительность тепловых волн на территории Крыма за период с 1950 по 2020 гг. имеет тенденцию к росту. Это означает, что жители и гости полуострова все чаще сталкиваются с периодами аномальной жары, что может негативно сказаться на их здоровье. Так, количество волн тепла, определенное с использованием порога среднесуточных значений температуры воздуха, за анализируемый 70-летний период составляет от 18 (Джанкой и Опасное) до 29 (Черноморское). Количество волн тепла в этот же период, определенное при пороге максимальных суточных значений температуры воздуха, составляет от 11 (Нижегорский) до 27 (Ай-Петри).

В период с 1950 по 1969 года тепловых волн по используемым показателям выявлено не было. В период с 1970 по 1972 года было выявлено 5 тепловых волн: по T_{mean} в 1970 и 1972 гг., по T_{max} в 1970, 1971, 1972 гг. С 1973 по 1997 года тепловых волн не наблюдалось. Далее, начиная с 1998 года, тепловые волны наблюдались практически ежегодно, за исключением 2000, 2003, 2004, 2009, 2011 и 2013 гг. В среднем в течение года наблюдается 1-2 тепловые волны по разным тепловым индексам. Исключения составляют 2014 (T_{mean}) и 2016 гг. (T_{max}), когда определены 3 тепловые волны. В основном тепловые волны возникают в самые жаркие месяцы лета – в июле и августе. Наиболее ранняя тепловая волна была зафиксирована в 2016 году в конце июня. К более поздним тепловым волнам можно отнести 2007, 2008, 2019 гг., которые наблюдались во второй половине августа. Продолжительность тепловых волн на территории Крыма колеблется от 18 (Симферополь) до 24 (Опасное) дней по T_{mean} и от 16 (Мысовое и Феодосия) до 21 (Евпатория) дней по T_{max} , при этом средняя продолжительность волн за весь период составляет 19 и 18 дней соответственно.

Результаты анализа биоклиматических условий в периоды тепловых волн показали следующее. Комфортные значения индекса PET, при которых отсутствует термическое напряжение, находятся в пределах 18-23°C (табл. 2). Такие условия во время тепловых волн крайне редки и были отмечены только на станции Ай-Петри. Тепловые волны по среднесуточным значениями температуры определили преимущественно дискомфортные условия с небольшим термическим стрессом (PET_{mean} от 23 до 29°C). Исключения составляют станции Алушта, Джанкой, Никита и Ялта, где отмечается умеренный тепловой стресс (PET_{mean} от 39 до 35°C) (табл. 1). Если оценивать максимальные значения PET во время тепловых волн, то сильный тепловой стресс (PET_{max} более 35°C) характерен для всех станций, кроме Ай-Петри (PET_{max} от 23 до 29°C).

Таблица 1

Пороги жары (97%-ой процентиль) для идентификации тепловых волн по средней и максимальной температуре на территории Крыма и значения индекса PET (N – кол-во волн за 1950–2020 гг.)

Метеостанция	T _{mean}				T _{max}			
	Порог, °C	N	PET _{mean} , °C	PET _{max} , °C	Порог, °C	N	PET _{mean} , °C	PET _{max} , °C
Ай-Петри	20,4	24	18,5	28,5	24,1	27	19,2	31,0
Алушта	28,7	20	31,0	42,6	32,2	23	31,1	43,2
Ангарский Перевал	23,2	19	23,7	37,7	27,9	22	24,4	39,0
Белогорск	25,3	22	26,4	40,3	31,3	23	27,0	41,7
Владиславовка	26,8	21	27,5	38,5	31,2	16	28,6	40,9
Джанкой	27,5	18	29,4	42,5	33,2	15	30,0	44,0
Евпатория	27,0	28	26,9	37,9	32,2	22	27,9	39,4
Керчь	27,1	20	27,1	36,6	30,7	18	28,3	38,8
Клепинино	27,1	22	28,3	42,0	33,7	15	29,4	44,0
Красноперекопск	27,3	24	28,8	41,8	32,5	20	29,7	44,6
Курортное	26,6	24	26,3	37,1	30,6	22	26,5	37,7
Мысовое	27,7	21	27,4	36,2	30,8	19	28,6	38,0
Нижнегорский	26,5	19	27,3	39,8	32,9	11	28,3	42,7
Никита	27,8	19	29,6	42,4	31,8	24	29,5	43,0
Опасное	27,4	18	27,9	35,8	29,1	12	27,8	35,1
Почтовое	25,7	25	26,6	40,4	32,0	19	27,6	42,1
Раздольное	27,2	22	28,2	41,5	32,7	19	29,5	44,1
Севастополь	25,8	27	25,5	36,1	28,4	24	25,4	34,4
Симферополь	26,3	25	25,6	38,1	32,8	18	26,6	39,6
Феодосия	27,4	24	28,8	41,0	32,2	18	29,8	43,4
Черноморское	26,8	29	26,8	37,2	30,5	19	27,5	38,3
Ялта	28,6	22	30,8	42,8	32,3	23	31,1	44,5

Тепловые волны по максимальным суточным значениям температуры определили дискомфортные условия с умеренным тепловым стрессом (PET_{mean} от 39 до 35°C) уже на большем количестве станций, при этом небольшой тепловой стресс также сохраняется. Сильный тепловой стресс (PET_{max} более 35°C) также характерен для всех станций при оценке максимальных значений PET во время тепловых волн, за исключением Севастополя и Ай-Петри, где отмечаются дискомфортные условия с умеренным тепловым стрессом (PET_{max} от 39 до 35°C).

Категории PET для разных уровней теплового восприятия и физиологического стресса [2]

Уровень теплового восприятия	Степень термического стресса	PET, °C
комфортно	нет термического напряжения	18-23
слегка тепло	небольшой тепловой стресс	23-29
тепло	умеренный тепловой стресс	39-35
жарко	сильный тепловой стресс	35-41
очень жарко	сильный тепловой стресс	>41

Выводы. Исследование выявило тесную взаимосвязь между тепловыми индексами и рисками для здоровья населения. Чем выше значение индекса PET, тем больше вероятность возникновения заболеваний, связанных с жарой, таких как тепловой удар, обезвоживание, обострение хронических заболеваний. Полученные результаты исследования подчеркивают важность мониторинга тепловых волн и их влияния на здоровье населения. Такие исследования необходимо продолжить с использованием более детальных данных, включая информацию о социально-демографических характеристиках населения, чтобы определить уязвимые группы и разработать эффективные стратегии адаптации к изменяющимся климатическим условиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шартова Н.В. Биоклиматический подход к оценке смертности населения во время аномальной жары на примере юга России / Н.В. Шартова, Д.А. Шапошников, П.И. Константинов, Б.А. Ревич // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2018. – № 6. – С. 47–55.
2. Matzarakis A. Another kind of environmental stress: Thermal stress / A. Matzarakis, H. Mayer // WHO Newsletter. – 1996. – No. 18. – P. 7–10.

ВАЛИДАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Ю.Р. Тагирова, М.А. Тюрин, Р.Р. Хужина
mikhailtyurin@mail.ru

Уфимский университет науки и технологий, г.Уфа, Россия

В последние десятилетия остро стоит проблема изменения климата, которая обусловлена усилением антропогенного воздействия человека на окружающую среду, особенно в нефтегазовом комплексе.

- Усиленная индустриализация, направленная на достижение производственных целей, вызывает значительные выбросы парниковых газов, включая диоксид углерода (CO₂), метан (CH₄) и закись азота (N₂O). Эти выбросы способствуют глобальному потеплению и изменению климата [4].

- Деятельность по добыче нефти и нефтепродуктов существенно увеличивает количество парниковых газов в атмосфере, вызывая повышение температуры планеты.

Нефтегазовая промышленность России является основным источником выбросов парниковых газов в стране, составляя около 20% от общего объема в 77%. Поэтому важно проводить проверку и подтверждение эффективности методов и технологий для контроля и уменьшения эмиссий этих газов в ходе добычи нефтепродуктов [7].

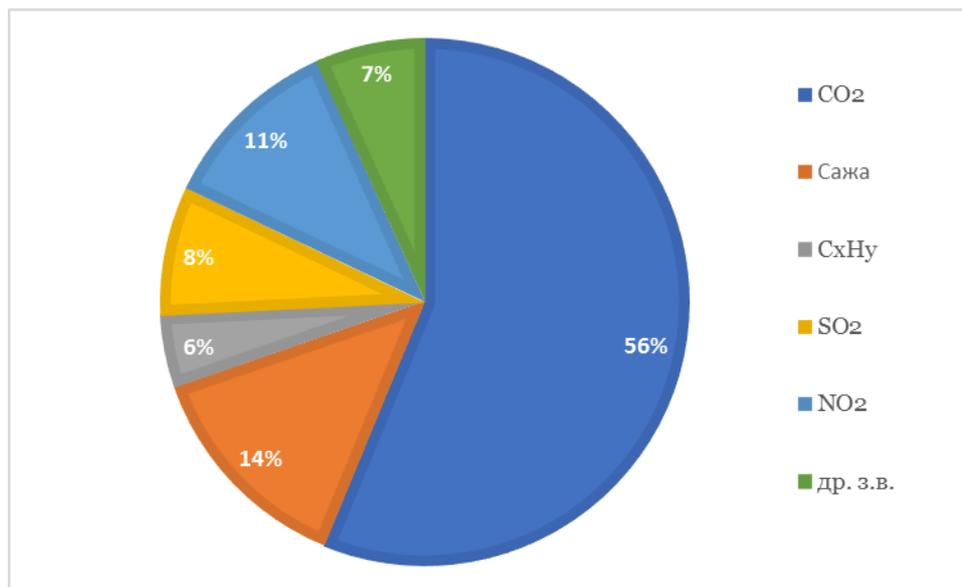


Рис. 1. Объем загрязняющих веществ, образующихся при сжигании попутного нефтяного газа на установках

Верификация и валидация – это независимые процедуры, которые используются вместе для проверки соответствия продукта, услуги или системы требованиям и спецификациям и того, что они соответствуют своему назначению [6].

Валидация и верификация эмиссий парниковых газов являются неотъемлемой частью процесса контроля за их выбросами. В первую очередь, валидация предполагает подтверждение правильности методов измерения эмиссий, а также соответствия полученных данных установленным стандартам. Верификация, в свою очередь, заключается в проверке правильности интерпретации результатов валидации и обеспечении их достоверности. Одновременно важно учитывать применение современных методов анализа и мониторинга, а также использование автоматизированных систем для точного и своевременного контроля выбросов парниковых газов.

Важным элементом процесса является разработка и использование инновационных технологий для снижения эмиссий парниковых газов при добыче нефтепродуктов [5]. Для этого могут использоваться методы переработки и утилизации газа, оптимизация процессов добычи и технологий сжигания газа, а также внедрение энергоэффективных решений. Важно также отметить необходимость сотрудничества между государственными органами, нефтяными компаниями и научными учреждениями для разработки надежных и эффективных методов валидации и верификации эмиссий, а также для поддержки инноваций в области снижения парниковых газов.

Существует множество методов мониторинга и анализа парниковых газов, которые могут применяться при добыче нефтепродуктов. Некоторые из них включают в себя:

1. Спектральный анализ: этот метод использует спектральные характеристики

парниковых газов, таких как углекислый газ и метан, для определения их концентрации в окружающей среде. Это может быть особенно полезно для отслеживания выбросов газов на местах добычи нефтепродуктов.

2. Использование дистанционного зондирования: современные спутниковые технологии позволяют наблюдать за уровнем парниковых газов из космоса. Это дает возможность контролировать обширные территории и идентифицировать источники выбросов.

3. Использование датчиков и аналитических инструментов: для более точной мониторинга парниковых газов на местах добычи могут быть использованы датчики и аналитические приборы, способные непрерывно отслеживать концентрацию газов в реальном времени.

4. Математические моделирования: модельные программы могут быть использованы для прогнозирования распространения парниковых газов, их воздействия на окружающую среду и определения оптимальных стратегий управления выбросами [8].

Для валидации и верификации данных, полученных с помощью этих методов, необходимо проводить анализ точности и достоверности измерений, а также согласование полученных результатов с уже утвержденными стандартами и регуляторными требованиями [1].

По завершении работ по валидации и верификации парниковых газов эксперты выдают заключение и отчет.

В Российской Федерации приняты и действуют следующие правовые документы:

1. Распоряжение Минприроды России от 16.04.2015 N 15-р «Об утверждении методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации».

2. С 1 января 2022 года в России начал действовать Федеральный закон от 02.07.2021 N 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». В виду принятия данного закона, все регулируемые организации, (имеющие выбросы CO₂ более 150 тысяч тонн в год), организации должны подавать отчетность о выбросах парниковых газов и проводить валидацию и верификацию этой отчетности уполномоченными органами российского регулирующего органа. Это включает в себя независимую оценку точности и полноты данных о выбросах, а также проверку соответствия отчетности установленным требованиям и стандартам [1].

В настоящее время Федеральная служба по аккредитации Российской Федерации (Росаккредитация) принимает решения по вопросам аккредитации в национальной системе органа по валидации и верификации парниковых газов, Сертификационный центр "ВНИИГАЗ-Сертификат" аккредитован на проведение работ по валидации и верификации парниковых газов в следующих областях экономической деятельности:

- добыча нефти и природного газа;
- деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта;
- производство нефтепродуктов и кокса;
- производство химических веществ и химических продуктов [2].

Нефтегазовая промышленность является крупным источником выбросов парниковых газов (ПГ), которые вносят существенный вклад в изменение климата. Эти выбросы связаны с различными этапами производственного процесса, включая разведку, добычу, подготовку, транспортировку и хранение.

Операции по добыче и подготовке нефти представляют собой значительные источники выбросов. Сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) при добыче приводит к значительным выбросам метана, мощного ПГ. Кроме того, процесс подготовки нефти также создает выбросы углекислого газа и других ПГ.



Рис. 2. Этапы процесса валидации и верификации парниковых газов при добыче нефтепродуктов

Транспортировка природного газа также является крупным источником выбросов ПГ. Потери метана при утечках из трубопроводов и инфраструктуры для хранения могут быть значительными.

Эти ключевые области — добыча и подготовка нефти, а также транспортировка природного газа — вносят основной вклад в общие выбросы ПГ от нефтегазовой отрасли. При оценке и сокращении выбросов ПГ от этой отрасли первоочередное внимание следует уделить этим источникам.

В заключение, важно подчеркнуть, что валидация и верификация парниковых газов при добыче нефтепродуктов играют ключевую роль в современном экологическом и энергетическом контексте. Внедряемые процессы позволяют нам существенно улучшить измерение и контроль выбросов парниковых газов, способствуя экологической устойчивости нефтеперерабатывающей промышленности и уменьшению ее негативного воздействия на природу. Реализуемые Внедря передовые процессы, нефтеперерабатывающая промышленность значительно улучшает измерение и контроль выбросов парниковых газов (ПГ), что способствует как ее экологической устойчивости, так и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Реализуемые в соответствии с отраслевыми стандартами процедуры валидации и верификации дополнительно повышают эффективность добычи нефтепродуктов. Это имеет решающее значение для стабильного развития нефтяной отрасли.

Непрерывные исследования и использование инновационных технологий являются основополагающими для постоянного совершенствования методов валидации и верификации ПГ. Это, в свою очередь, приводит к минимизации их неблагоприятного влияния на климат и окружающую среду в целом.

Внедрение этих процессов позволяет нефтеперерабатывающей промышленности внести значительный вклад в решение глобальной проблемы изменения климата и сохранить природные ресурсы для будущих поколений. В соответствии со стандартами процедуры валидации и верификации дополнительно повышают эффективность добычи нефтепродуктов, что имеет важное значение для стабильного развития нефтяной отрасли. Непрерывные исследования и внедрение инновационных технологий играют ключевую роль в непрерывном совершенствовании методов валидации и верификации парниковых газов, что, в свою очередь, приводит к минимизации их неблагоприятного влияния на климат и окружающую среду в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормативные документы по парниковым выбросам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minprirody-rossii-ot-27052022-n-371-obutverzhdanii/> (дата обращения: 09.12.2023).
2. Применение сорбентов и микоризных грибов для очистки нефтезагрязненных земель / К.Г. Карапетян, И.В. Дорош, Д.О. Собянина, Э.В. Нафикова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2022. – № 4(44). – С. 116-122.
3. Киотский протокол к рамочной Конвенции ООН об изменении климата и о позиции МПР России по данному вопросу // Природно-ресурсные ведомости. – 2002. – №10(117). – С. 12-28.
4. Biochar improves the performance of *Avena sativa* L. grown in gasoline-polluted soils / R. Fedeli, D. Alexandrov, S. Celletti [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2023. – Vol. 30, No. 11. – P. 28791-28802.
5. Стойчева Д. Руководство по разработке стратегий при низком уровне выбросов и соответствующих национальным условиям действий по предотвращению изменения климата: Восточная Европа и СНГ. – ПРООН, 2010. – 115 с.
6. Шаниязова А.Ф. Анализ существующих методов рекультивации нефтезагрязненных земель / А.Ф. Шаниязова, А.И. Аиткулова, Э.В. Нафикова // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022): Материалы XVIII Международной научно-технической конференции. В 2-х томах, Уфа, 01–15 мая 2022 года. Том 2. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 226-229.
7. Шаниязова А.Ф. Анализ современных биологических методов восстановления нефтезагрязненных земель / А.Ф. Шаниязова, А.И. Аиткулова, Э.В. Нафикова // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022): Материалы XVIII Международной научно-технической конференции. В 2-х томах, Уфа, 01–15 мая 2022 года. Том 2. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 230-233.
8. Мониторинг парниковых газов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas_monitoring. (дата обращения: 7.07.2024).

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА И ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ К НИМ

А.М. Тихонова

tikhonova.alexandra2001@gmail.com

*Российский государственный гидрометеорологический университет»,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Согласно современным данным наблюдений и научным исследованиям средняя годовая и средняя за лето температура воздуха демонстрирует устойчивый рост за последние 20 – 30 во многих регионах России, в том числе в Мурманской области в Республике Карелия [2,5–6]. Последствия изменений климата выражаются в увеличении частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений, таких как засухи, наводнения и ураганы, таянии ледников и повышении уровня моря. Колебания климата оказывают также прямое или опосредованное влияние на наземные и водные биоценозы, в которых меняются границы ареалов видов, биологическое разнообразие и продуктивность.

При этом климатические изменения затрагивают и особо-охраняемые природные территории (ООПТ), что определяет необходимость более тщательного изучения происходящих изменений в рамках летописи природы, а также, в ряде случаев, принятия защитных адаптационных мер для сохранения исторически сложившихся ландшафтов и экосистем подвергающихся, все чаще, воздействию опасных погодных явлений.

Изучение природы заповедников и национальных парков позволяет установить базовые параметры для сравнительного анализа состояния природных комплексов в остальных регионах и оценить степень антропогенного влияния на экосистемы и оценке устойчивости региона к климатическим изменениям. В Мурманской области и в Республике Карелия расположены более 30 ООПТ различного уровня, включая Кандалакшский и Лапландский заповедник, заповедник «Пасвик», национальный парк «Хибины». На побережье Белого моря проектируется новый природный парк «Герский берег».

Уникальность Кандалакшского заповедника состоит в том, что он расположен на территории как Мурманской области, так и Республики Карелии, включает побережье и воды Баренцева и Белого моря, Кандалакшский залив, а также острова. Площадь заповедника более 70 530 га. Имеются зоны тундры и тайги. Имеет международное природоохранное значение. Главная задача – сохранение популяции северной утки гаги, а также других видов животных. Под охраной находится 229 краснокнижных видов животных и растений.

Поддержание устойчивого развития ООПТ – это не просто сохранение природных ресурсов, но и комплексный подход, направленный на создание гармоничного взаимодействия человека и окружающей его среды. Цель – обеспечить сохранение биоразнообразия региона, одновременно стимулируя социально-экономическое развитие.

Заповедники позволяют оценить эффективность экологических работ в национальных парках, изучить динамику восстановления нарушенных экосистем и оптимизировать практику управления природными территориями. Национальные парки — уникальные площадки для проведения экологических работ, включая реставрацию и реабилитацию природных комплексов, моделирование устойчивого использования ресурсов, а также для развития экологического туризма.

В последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению количества атмосферных осадков в летний период и увеличению температуры воздуха, как заметно на рисунков 1–2, на примерах по станциям наблюдений Петрозаводск и Мурманск. Данная климатическая ситуация создает благоприятные условия для возникновения и распространения лесных пожаров. Сухая растительность, вызванная недостатком влаги, легко воспламеняется, а высокая температура воздуха способствует быстрому распространению огня.

В последние годы на юго-западе Карелии и Мурманской области наблюдается аномалия климатических условий, характеризующаяся дефицитом осадков, повышенными температурами воздуха и сниженной влажностью, что соответствует критериям атмосферной засухи. Данное явление привело к дефициту влаги в почве и лесной подстилке, создавая условия, благоприятные для возникновения лесных пожаров [3,5]. Сильные ветра – опасное явление, часто встречающееся на территории всего северо-западного региона, особенно в зимний период. Они могут достигать значительной скорости, вызывая разрушения и создавая опасные условия для жизни и деятельности людей. В будущем в результате изменения климата ожидается увеличение повторяемости сильного ветра [6]. Одной из самых очевидных и серьёзных последствий – лесные пожары, которые возникают из-за аномально высокой температуры воздуха. Пожары становятся более мощными и распространяется на новые территории. Это приводит к уничтожению лесных экосистем, повреждению инфраструктуры и угрозе здоровью людей. Сильные ветры, ускоряют распространение пожаров, делая их распространение не контролируемым.



Рис. 1. Многолетняя динамика величин атмосферных осадков в среднем за июль. По данным [5]
 а) – г. Петрозаводск; б) – Мурманск

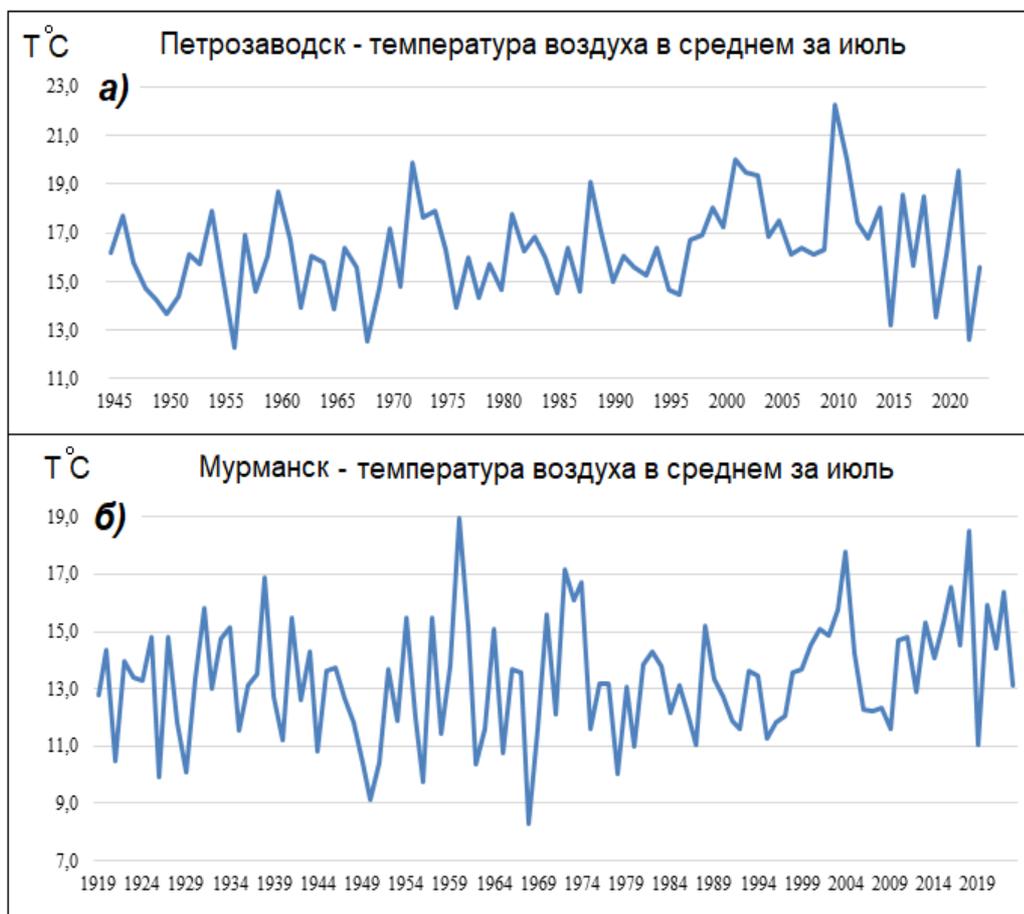


Рис. 2. Многолетняя динамика значений температур воздуха в среднем за июль. По данным [7]
а) – г. Петрозаводск; *б)* – Мурманск

Заповедники и национальные парки представляют собой ценные инструменты для научных исследований, позволяя изучать как естественное состояние природных комплексов, так и влияние антропогенных факторов. Заповедники, как территории, полностью свободные от человеческого воздействия, выступают эталоном для сравнительного анализа, позволяя оценить влияние различных факторов на экосистемы. В то время как национальные парки, с их регулируемым туризмом и инфраструктурой, предоставляют возможность изучать взаимодействие человека и природы, разрабатывать методы управления природными ресурсами и тестировать новые подходы к сохранению биоразнообразия.

Необходимо разработать план действий по адаптации к опасным явлениям на ООПТ, в рамках мероприятий Национального плана адаптации к изменениям климата [4] включая организационные и инженерные защитные решения. Ключевым этапом является анализ рисков, включающий идентификацию опасных явлений, оценку их вероятности и последствий для экосистем, биологических ресурсов, инфраструктуры и туризма, а также выявление уязвимых элементов экосистемы. На основе анализа рисков разрабатываются меры по адаптации.

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете в научной Лаборатории «Экология и климат» при реализации темы государ-

ственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Бесшовное численное моделирование одновременного изменения климата, погоды, газового и аэрозольного состава атмосферы в глобальном и региональном масштабах и создание цифровой географической информационной системы обработки баз данных о составе и структуре атмосферы», шифр «Климат-2».

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов В.В., Эйсмонт В.Ю. Развитие экологического туризма в бассейне Белого моря как фактор роста социально-экономического потенциала региона и эффективный механизм охраны природы // Ученые записки РГГМУ. – 2014. – № 37. – С. 244 – 260.
2. Дроздов В.В. Смирнов Н.П. Влияние крупномасштабных циркуляционных процессов в атмосфере на температурный режим Беломорского региона // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2011. – № 3 (89). – С. 78–88.
3. Экология России. В Карелии впервые зафиксировали опасное природное явление. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecologyofrussia.ru/atmosfernaya-zasukha-v-karelii/> (дата обращения: 20.05.2024).
4. Национальный План мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/DzVPGII7JgT7QYRoogphpW69KKQREGTB.pdf> (дата обращения: 18.04.2024).
5. Официальный сайт. ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». [Электронный ресурс]. URL: <http://https://www.sevmeteo.ru/company/stations.php?ysclid=ly92p6tbfs219681581> (дата обращения: 22.04.2024).
6. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научное издательство «Лань», 2022. – 124 с. ISBN 978-5-907618-14-5.
7. Official site. National Aeronautics and Space Administration. Goddard Institute for Space Studies (GISS). [Electronic resource]. URL: <http://www.giss.nasa.gov> (address date: 20.04.2024).

МОНИТОРИНГ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД РОДНИКОВ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ МОСКВЫ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНО- ИСТОРИЧЕСКОГО ПАРКА «БИТЦЕВСКИЙ ЛЕС»)

М.В. Тменова, Д.А. Яблонская, О.А. Липатникова, Т.Н. Лубкова, О.Р. Филатова
tmenova.milana@mail.ru

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Родники – это уникальные природные объекты, образующиеся при выходе подземных вод на земную поверхность. Вода родников пользуется популярностью у населения, используется в питьевых целях. Считается, что она обладает целебными свойствами. Особую значимость для города представляют родники, расположенные в черте города.

Известно, что площадь питания водоносных горизонтов зачастую выходит далеко

за пределы рекреационных зон, из-за чего возрастает риск загрязнения подземных вод отходами жизнедеятельности города: компонентами противогололедных реагентов, поверхностного стока и коммуникационных утечек. В связи с этим особую актуальность и практическую значимость приобретают мониторинг качества состава родниковой воды и оценки его в сопоставлении с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а также определение форм переноса микроэлементов в водах, так как разные соединения одного и того же элемента могут быть охарактеризованы различной токсичностью для объектов биосферы [2].

Объектами исследования являлись четыре родника природно-исторического парка «Битцевский лес»: «Серебряный», «Чертановский», «Ясенеvский», «№27», -родник «Холодный» ландшафтного заказника «Теплый стан» и родник «Новоясенеvский» прилежащего городского района Ясенеv. Парк площадью 22,1 км² расположен на юго-западе Москвы, относится к юго-восточной части Теплостанской возвышенности и отличается глубоко расчлененным рельефом, основные водотоки – реки Чертановка, Городня и Битца.

Геологический разрез территории определяется породами современного, четвертичного, мелового, юрского и каменноугольного периодов. В составе четвертичных отложений распространены суглинки, реже супеси, глины, в долинах рек развиты пески, в поймах рек помимо перечисленных пород иногда встречаются торф, мергели. Ниже по разрезу следуют породы меловой системы. Они развиты по территории всего парка и представлены разнообразным составом. Отложения юрской системы на территории парка представлены в ограниченном количестве и редко вскрываются. Они состоят из глинистых алевритов и песков. В основании залегают породы каменноугольного периода, состоящие преимущественно из известняков [6]. Водонасыщенные толщи локализованы в песчаных отложениях четвертичного и мезозойского возрастов и в карбонатных породах каменноугольного возраста и разделены региональным водоупором – слабопроницаемыми юрскими глинами. Исследуемые родники, как и остальные родники Московского региона, являются результатом разгрузки четвертичных и мезозойских (меловых и частично юрских) водоносных горизонтов [4].

Опробование родников проводилось в июне 2022, январе и апреле 2023 года. Содержание ионов Ca^{2+} , HCO_3^- , Mg^{2+} , Cl^- были определены методом объемного титрования, SO_4^{2-} - методом рентгенофлуоресцентного анализа с предконцентрированием по методу высушенной капли [3], значения Na^+ , NO_3^- , pH – потенциометрическим методом с помощью анализатора «Эксперт-001» с использованием ионоселективных мембранных электродов, величина ХПК – методом фотометрии [1], содержания микроэлементов и K^+ получены методом ИСП-МС с использованием оборудования для высокочувствительного элементного анализа состава природных объектов SUPEC 7000, Focused Photonics Inc (приобретен по Программе развития МГУ). Оценка качества состава родниковой воды проводилась в сопоставлении с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [5]. Моделирование миграционных форм микроэлементов проводилось в программе Visual MINTEQ 3.1.

Макрокомпонентный состав воды был определен и графически отображен с помощью диаграммы Пайпера (рис.1). Значимых сезонных изменений состава воды не наблюдается. Однако, можно выделить родники Серебряный и №27, для которых отмечается рост содержания хлорид- и сульфат ионов в зимний и весенний сезоны. По преобладающим катионам и анионам (>25%) родниковые воды были поделены на 4 группы:

гидрокарбонатные, кальциевые (Новоясеневский и Чертановский); хлоридные, натриево-кальциевые (Серебряный, Ясеневский); гидрокарбонатно-хлоридные, кальциевые (Холодный), гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные, кальциевые (родник №27).

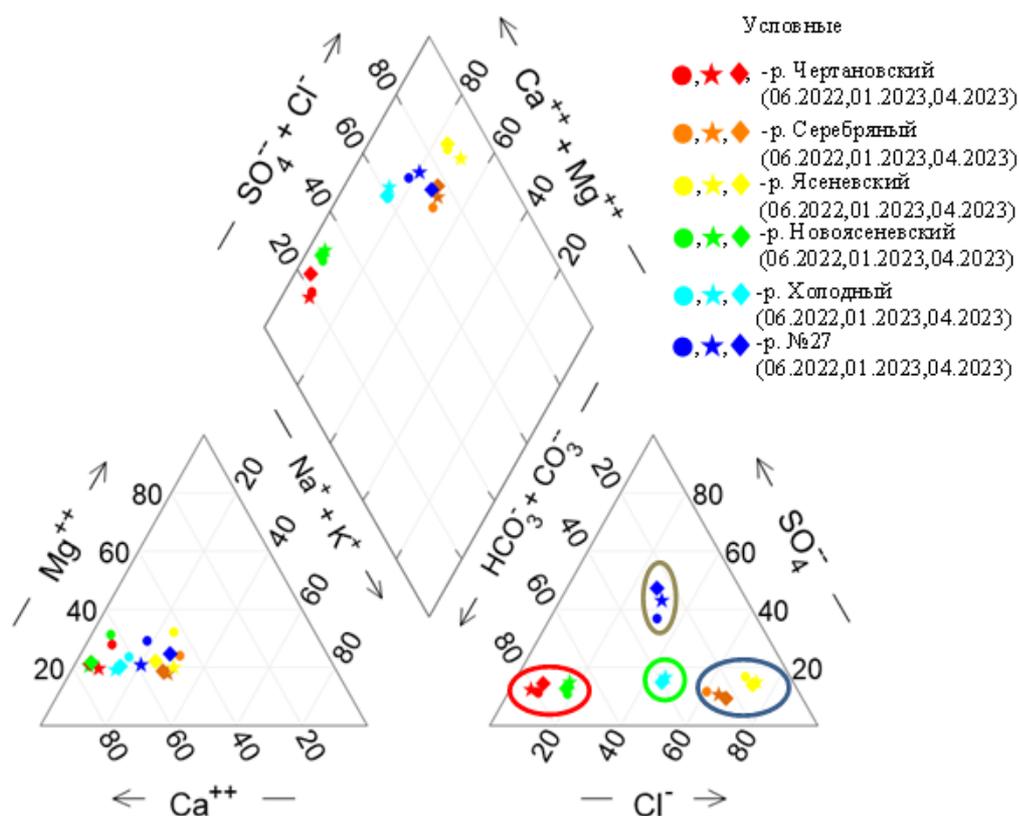


Рис. 1. Состав вод исследованных родников

Было определено: значение водородного показателя pH сезонно претерпевает лишь незначительные изменения у трех родников. Воды исследуемых родников слабкокислые-слабощелочные (значения pH в диапазоне 6,0-8,0), что соответствует норме ПДК за единичным исключением родника №27 в летний период, вода которого в летний период отличается величиной pH чуть ниже ПДК.

По минерализации, согласно классификации А.М. Овчинникова, воды делятся на три группы: ультрапресный – р. №27, пресные – Чертановский, Серебряный и Новоясеневский, с относительно повышенной минерализацией – Ясеневский и Холодный. Общая жесткость воды родников в диапазоне 2,1 – 9,3 мг-экв/л. Значения по данным показателям сезонно претерпевают незначительные изменения и соответствуют норме ПДК.

Величина ХПК превышает нормативное значение (15 мгО/л) в большинстве родников: Ясеневском в течение 3-х сезонов (30, 29 и 19 мгО/л соответственно), Холодном – в зимнее время (19 мгО/л); Серебряном- в летнее время (16 мгО/л), весной – на границе ПДК (15 мгО/л).

Концентрация микроэлементов не превышает ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и из-

меняется незначительно: в пределах $n \cdot 10^{-3}$ мг/л и менее. Моделирование миграционных форм микроэлементов в водах родников проведено для марганца, никеля, свинца, меди, цинка, кобальта, кадмия, бария и стронция. Определено, что формы миграции микроэлементов напрямую зависят от макросостава и физико-химических характеристик проб воды. Марганец, цинк, никель и кобальт находятся в воде преимущественно в свободной форме во всех родниках, однако в родниках группы 1, где преобладающим анионом является HCO_3^- , повышается роль карбонатных комплексов металлов (5-20%). Преобладающей формой переноса кадмия является свободная, однако в родниках с хлоридным составом (группа 2 и 3) хлоридные комплексы приобретают существенное значение - до 20%. Основной миграционной формой стронция и бария во всех родниках является свободная (90-94%), остальная доля приходится на сульфатные, карбонатные. Концентрация свободных ионов свинца и меди достаточно низкая (11-20%), что связано с повышенной способностью к комплексообразованию у этих элементов. Преобладающими формами этих элементов являются органические и карбонатные. Органические комплексы увеличиваются в ряду: группа 1 ~ до 20%, группа 2 и 3 ~ до 60%, группа 4 ~ 60-65%, – остальная доля приходится на карбонатные формы металлов.

Таким образом, воды в целом имеют устойчивый состав в течение года, воды Серебряного и Ясеневого родников в течение всего года не соответствуют качествам питьевой воды по разным показателям, воды родника Холодный – в зимнее время по показателю ХПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31859-2012. Вода. Метод определения химического потребления кислорода: межгосударственный стандарт (дата введения 2014-01-01). – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
2. Крайнов С.Р., Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения / С.Р. Крайнов, В.М. Швец. – М.: Недра, 1987. – 237 с.
3. Лубкова Т.Н., Липатникова О.А., Филатова О.Р., Балыкова И.В. Рентгенофлуоресцентный анализ сульфат-иона в водных растворах по методу высушенной капли с использованием портативного спектрометра // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2022. – № 2. – С. 59–67.
4. Позднякова И.А., Кожевникова И.А., Костикова И.А., Томс Л.С. Оценка условий взаимосвязи водоносных горизонтов на основе крупномасштабного картирования геологического строения и гидрогеологических условий г. Москвы // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2012. – № 6. – С. 527–539.
5. СанПиН 1.2.3685-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62296). Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 29.04.2024).
6. Швец В.М. Родники Москвы / В.М. Швец, А.Б. Лисенков, Е.В. Попов. – М.: Науч. мир, 2002. – 159 с.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ПРИ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

И.И. Ульшин, И.С. Косован
ulshin@rambler.ru

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия*

Одной из составляющих понятия «мониторинг» является прогнозирование. В общем случае могут предсказываться и погодные условия, и количество заболевших в период эпидемии, и уровень загрязнения воздуха и т.д. Для этого используются те или иные прогностические способы и методики. При их разработке или совершенствовании проводится анализ физических процессов и составляется перечень предикторов, т.е. известных параметров, используемых для разработки прогнозов в качестве исходных данных. Для того чтобы учесть все влияющие факторы обычно вначале составляется обширный предварительный перечень, а затем проводится отбор наиболее значимых величин. При этом за счет сокращения используемых параметров неизбежны потери содержащейся в них информации.

Другим методом отбора предикторов является факторный анализ. При его реализации проводится обязательное сокращение размерности пространства исходных признаков с переходом к меньшему числу факторов, однако, преимуществом является то, что при этом задействованы все предикторы из предварительного перечня.

При проведении факторного анализа одним из важнейших вопросов является вопрос об оптимальном количестве факторов, обеспечивающем максимальное сохранение исходной информации. Для получения ответа на него существуют несколько методов. Наиболее часто используемым является метод, в котором оценивается вклад каждого фактора в полную дисперсию, и затем оставляются факторы с суммарным вкладом, равным 85-90% от исходной величины. Другими методами является графический метод «каменистой осыпи», метод Кэттеля и др. [2].

Существующие подходы к определению количества общих факторов не лишены определенных недостатков. Они, в большинстве своем, весьма субъективны, предъявляют строгие требования к размеру выборки, к законам распределения исходных признаков, не всегда базируются на четкой математической основе. В связи с этим предлагается в качестве основного критерия при определении оптимального числа факторов использовать количество информации, получаемое или теряемое при переходе от некоторого пространства исходных признаков к меньшему по размерности факторному пространству.

Количество информации определяется как разность априорной и апостериорной статистических энтропий:

$$I(z) = H_{pr} - H_{ps}, \quad (1)$$

где $I(z)$ – количество информации; H_{pr} – априорная энтропия; H_{ps} – апостериорная энтропия [3].

Опуская несложные математические преобразования, можно записать, что при проведении факторного анализа, который является одной из разновидностей преобразования координат,

$$H_{ps} = H_{pr} + \log|a_{ij}|, \quad (2)$$

где $|a_{ij}|$ – определитель матрицы факторных нагрузок [1].

Отсюда:

$$I = -\log|a_{ij}|, \quad (3)$$

Вычисляя значения определителей матриц факторных нагрузок для различного количества факторов, можно по формуле (3) определить соответствующую величину количества информации. Таким образом, появляется возможность однозначно определять оптимальное с точки зрения информативности число факторов, поскольку получаемую или теряемую информации легко оценить количественно.

При использовании на практике формулы (3) не возникает затруднений, когда число факторов равняется числу исходных признаков. В этом случае матрица факторных нагрузок имеет равное число строк и столбцов, является квадратной, и определитель может быть легко вычислен по известным формулам. Однако в большинстве случаев матрица факторных нагрузок имеет прямоугольную форму и, следовательно, определителя для неё не существует.

В связи с этим предлагается следующее:

1. Для получения квадратной матрицы необходимо умножить прямоугольную матрицу факторных нагрузок на соответствующую ей транспонированную матрицу.
2. Поскольку исходная матрица изменилась, после перемножения следует «нейтрализовать» возведение, по сути, во вторую степень, для чего используется известное свойство определителя:

$$\det(\mathbf{AB}) = \det(\mathbf{BA}) = \det(\mathbf{A}) * \det(\mathbf{B}). \quad (4)$$

Таким образом, для расчета нужного определителя надо извлечь квадратный корень из определителя полученной квадратной матрицы.

Данное предложение было проверено на практике при проведении факторного анализа в задаче прогнозирования скорости ветра, оказывающего самое существенное влияние на распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В исходный перечень предикторов были включены температура воздуха, дефицит точки росы, влажность и высота изобарической поверхности на стандартных уровнях 850, 700, 500 и 400 гПа. Архивная выборка содержала по 600 значений для каждого из 16 признаков и была составлена по данным метеостанции г. Воронежа за 2010-2020 гг. Для разработки нового способа прогноза исходная выборка была разбита на обучающую, объемом 400 случаев, и контрольную, в которую вошли 200 случаев. На основе обучающей выборки был проведен факторный анализ исходной метеоинформации и построен прогностический способ, а контрольная выборка использовалась для оценки его успешности.

При переходе от пространства исходных признаков к факторному пространству были получены зависимости значений определителя матрицы факторных нагрузок и количества информации от числа факторов, представленные на рисунках 1 и 2.

Первый график показывает, что определитель факторной матрицы увеличивается до 4 факторов, далее постепенно убывает до 6 факторов, а затем резко понижается. Матрице с 16 факторами соответствует минимальное значение определителя 0,00045.

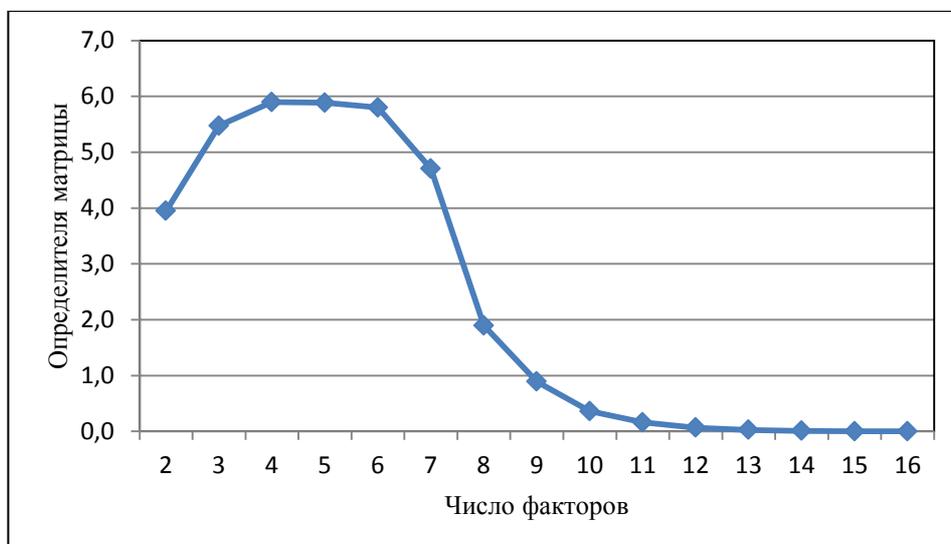


Рис. 1. Значения определителя матрицы при разном числе факторов

Согласно второму графику количество информации при оставлении от одного до восьми факторов является отрицательным. При больших значениях, начиная с девяти факторов, количество информации становится положительным, плавно возрастает и достигает максимальной величины 3,347 при 16 факторах.

Можно сделать вывод, что для замены исходных 16 признаков оптимальным с точки зрения информативности будет использование 8 или 9 факторов, так как при этом и сокращается размерность исходного пространства, и потери информации минимальны.

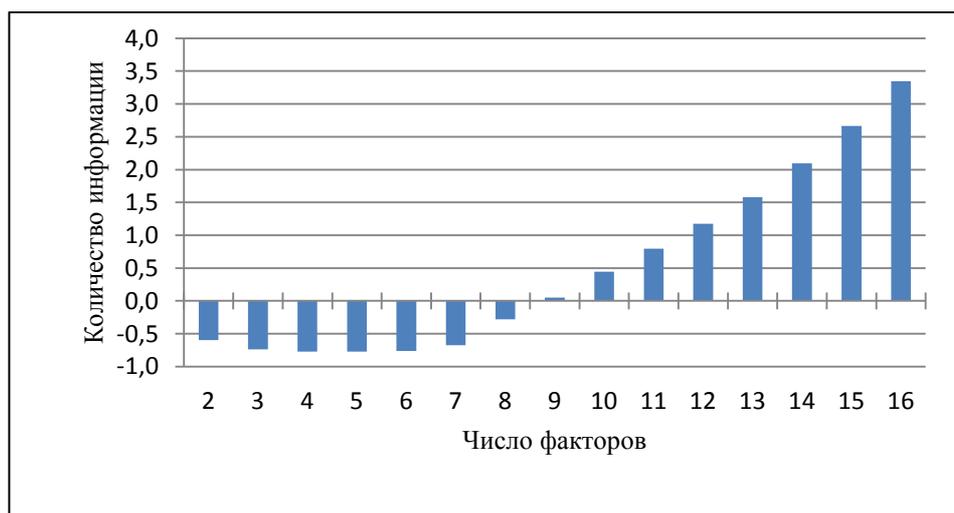


Рис. 2. Зависимость получаемого или теряемого количества информации от числа факторов

Исходные данные для проведения факторного анализа традиционными методами представлены на рисунке 3.

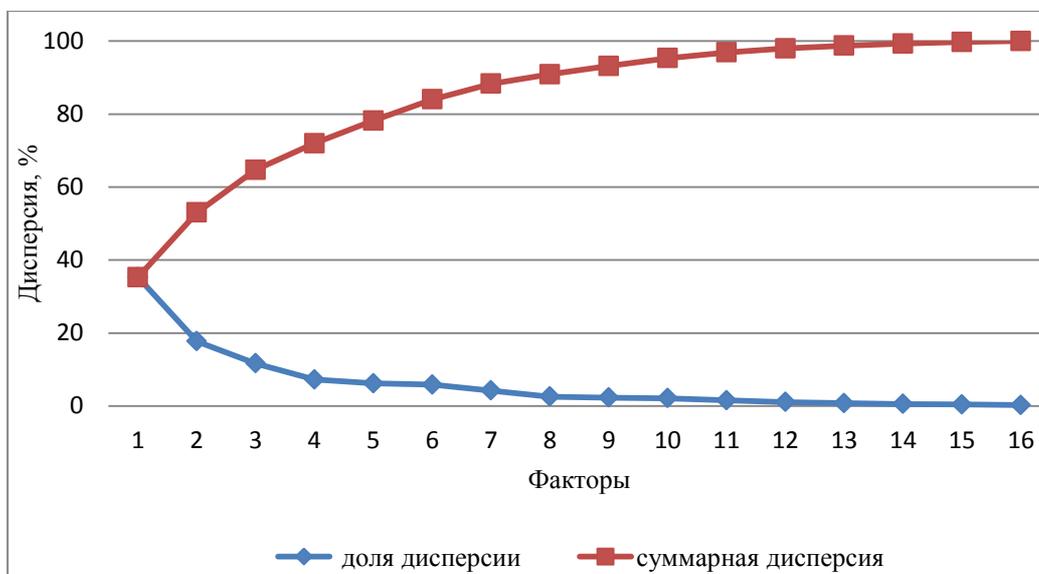


Рис. 3. Распределения долей суммарной дисперсии для каждого фактора

Видно, что метод «каменистой осыпи» в подобных условиях рекомендует оставить 4 фактора.

Метод, основанный на определении дисперсии, позволяет считать оптимальным оставление 7 факторов с их суммарной дисперсией более 85% от исходной величины.

Оба результата являются обоснованными, но неоднозначными, поскольку непонятно, каким из них следует руководствоваться.

Предлагаемый подход отличается существенно большей наглядностью, т.к. каждому выбранному числу факторов ставится в соответствие рассчитанное значение количества информации.

При выполнении работы для дальнейшего рассмотрения были оставлены 8 факторов, с использованием которых был построен физико-статистический способ прогнозирования скорости ветра. Как показала проверка на независимом материале контрольной выборки, средняя абсолютная ошибка прогнозов на его основе равняется 1,12 м/с, что является хорошим результатом, соответствующим требованиям руководящих документов по оцениванию новых и усовершенствованных прогнозов погоды.

Таким образом, по результатам работы можно сделать следующие выводы.

1. Существующие алгоритмы факторного анализа могут быть дополнены использованием некоторых положений теории информации.

2. Предложенный подход позволяет определять оптимальное число факторов при любом количестве исходных признаков. В качестве критерия отбора предлагается использовать количество информации, получаемое или теряемое при переходе от пространства исходных признаков к факторному пространству и равное изменению статистической энтропии при замене исходных признаков меньшим числом факторов.

3. Однозначный выбор оптимального числа факторов делает возможным их однозначное определение, снимая тем самым существующую неопределённость.

4. Прогностические способы, предикторами в которых являются рассчитанные факторы, отличаются достаточно высокой успешностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голдман С. Теория информации. – М.: Ин. яз. 1957. – 446 с.
2. Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. Теория вероятности и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
3. Шеннон К. Математическая теория связи. В сб. Работы по теории информации и кибернетике, пер. с англ. – М.: Физматгиз, 1963. – 832 с.

ПОКАЗАТЕЛИ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ДАННЫХ О ВЕТРЕ В ХОДЕ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

И.И. Ульшин, А.С. Фатеев
ulshin@rambler.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Для успешной реализации различных государственных программ, в том числе Климатической доктрины РФ, необходимо широкое внедрение современных технологий получения и использования различной информации, в том числе, о погодноклиматических условиях [1, 2]. Для получения надежных и обоснованных сведений о погоде, успешных прогнозов и предупреждений об опасных и особо опасных гидрометеорологических и геофизических явлениях, обеспечивающих оперативное управление и эффективное планирование, требуется располагать репрезентативным архивным материалом, содержащим результаты наблюдений за атмосферными величинами и явлениями.

Целью данной работы является получение практических методов и количественных показателей, позволяющих оценивать минимально необходимый объем выборки, обеспечивающий ее репрезентативность, при определении погодноклиматических характеристик или разработке новых прогностических способов.

Основное внимание при выполнении работы уделено ветру, отличающемуся от иных метеорологических параметров:

- ветер характеризуется двумя составляющими – скоростью и направлением;
- скорость ветра распределена не по нормальному закону;
- только при наблюдениях за ветром производится усреднение значений (в частности, скорости);
- направление ветра часто описывается числом, однако, оно не является метеорологической величиной.

Для достижения цели работы последовательно решались нескольких задач:

- были организованы архивные выборки, содержащие результаты 1000 наблюдений за ветром в трех пунктах на Европейской территории России (Казань, Брянск и Белгород) в период с 2020 по 2024 год в основные синоптические сроки;
- построены зависимости значений оценок параметров распределений метеовеличин от объема исходных данных;
- получены результаты статистической обработки наблюдений в виде розы ветров;
- выбраны показатели, позволяющие оценить минимальное количество случаев в выборке, обеспечивающее ее репрезентативность;
- определено минимально необходимое число случаев для получения

статистически значимых климатических характеристик рассматриваемого района на основе каждого из методов.

Для получения «истинных» значений вначале были построены розы ветров по выборкам из всех 1000 случаев. Примеры для пункта Казань представлены на рисунке 1 (в данном случае оси координат оцифрованы в процентах) и далее по тексту. Видно, что в Казани в рассматриваемый период времени преобладали ветра западного, северо-западного и юго-восточного направлений.

Роза ветров, построенная по 100 случаям наблюдений (рис. 2), существенно отличается от «истинной». Максимальная повторяемость наблюдается у северо-восточных ветров, далее, по убыванию повторяемости, идут южные и юго-восточные.

С увеличением числа случаев, используемых для обработки, форма фигуры и значения повторяемостей приближаются к «истинным».

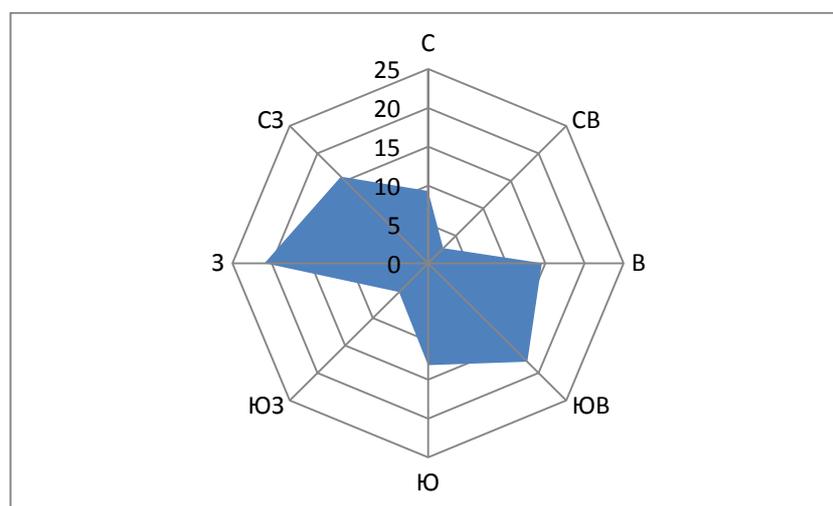


Рис. 1. Роза ветров, построенная по всей исходной выборке

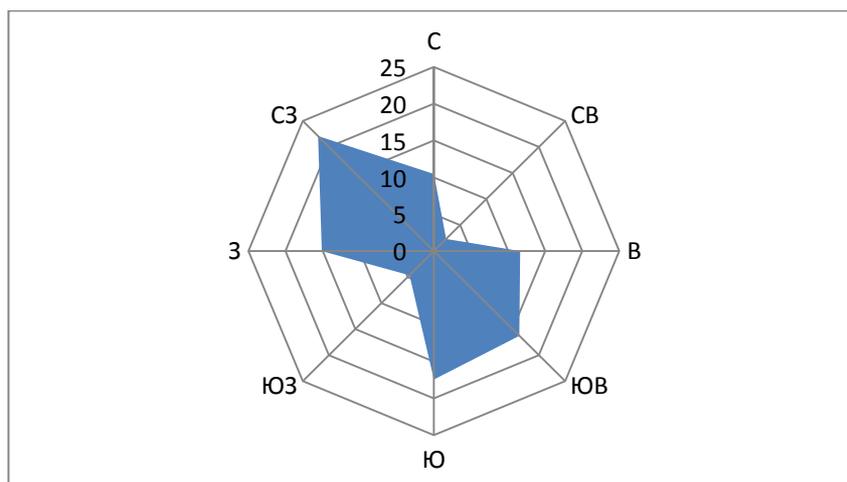


Рис. 2. Роза ветров, построенная по выборке 100 случаев

При визуальном анализе достаточно близкой выглядит уже роза ветров, построенная по 200 случаям, представленная на рисунке 3. Однако для получения того или иного заключения требуется объективный критерий, а не представления

отдельных лиц о сходстве либо различии фигур.

В качестве объективных показателей близости результатов обработки наблюдений за ветром к «истинным» в работе были использованы два параметра:

1) средняя абсолютная ошибка при расчетах повторяемостей направлений ветра различных румбов;

2) интегральный показатель, характеризующий ошибки в определении как направлений преобладающих ветров, так и их повторяемостей.

Для расчета первого показателя – средней абсолютной ошибки – использовалась простая формула:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 |p_i^* - p_i|, \quad (1)$$

где p_i^* – оценка повторяемости i -го направления (румба) ветра, %; p_i – «истинное» значение повторяемости, %.

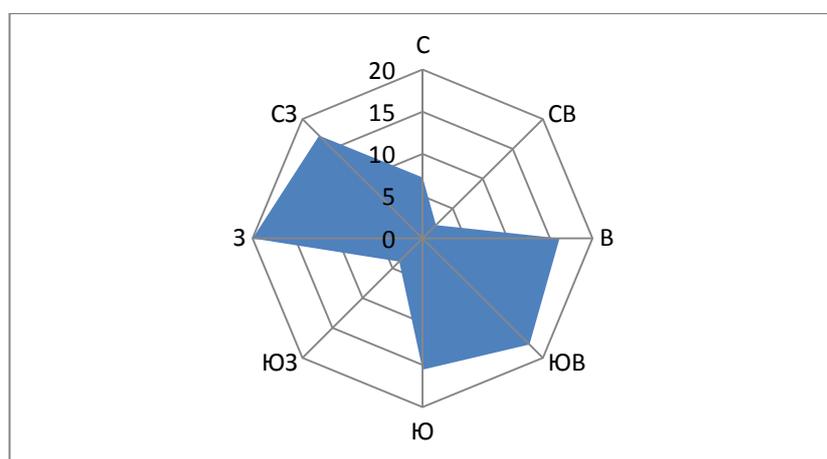


Рис. 3. Роза ветров, построенная по выборке 200 случаев

Полученные результаты расчетов с использованием выборок различного объема наглядно показаны на рисунке 4.



Рис. 4. Изменение средней абсолютной ошибки определения повторяемостей направлений (румбов) ветра при увеличении объема обрабатываемых данных

Видно, что средние значения ошибок не превышают трех процентов даже при использовании минимальной выборки. Величина ошибки монотонно убывает с увеличением числа случаев. Линия тренда дважды стабилизируется – после 200 и после 600 случаев. В зависимости от степени требуемой точности за достаточный объем может быть принято либо первое, либо второе число случаев. Определение единственного порогового значения при анализе графика вызывает неизбежные затруднения.

Вторым вариантом является использование предложенного интегрального показателя точности определения климатических параметров θ :

$$\theta = \sum_{i=1}^8 |p_i \varphi_i - p_i^* \varphi_i^*|, \quad (2)$$

где φ_i – истинное направление ветра (в виде номера румба) с наибольшей повторяемостью; φ_i^* – преобладающее направление ветра в виде номера румба, определенное по выборке ограниченного объема; i – порядковый номер преобладающего направления, начиная с максимальной повторяемости и по ее убыванию.

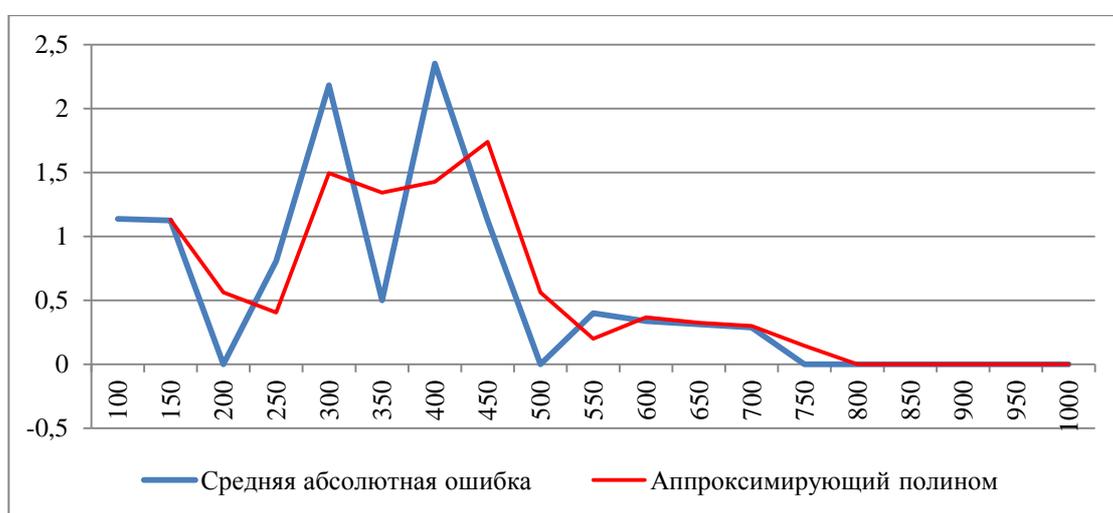


Рис. 5. Изменение интегрального показателя точности определения климатических параметров ветра при увеличении объема обрабатываемых данных

Результаты расчетов с использованием выборок различного объема показывают, что величина ошибки непостоянна, отличается существенной изменчивостью, но, как показывает тренд [3], также стремится к минимальным значениям с увеличением числа случаев. Следует заметить, что для лучшего соответствия линии тренда исходной ломаной сглаживание было проведено методом линейной фильтрации. Любопытным фактом является то обстоятельство, что на графике также наблюдаются два участка с минимальными значениями показателя. Первый участок – в районе 200-250 случаев, второй – около 500-600. Эти величины могут быть взяты за ориентиры при анализе выборки на репрезентативность при различающихся требованиях к точности результата.

Таким образом, полученные значения могут быть использованы при оценивании репрезентативности архивных материалов, содержащих результаты наблюдений за ветром и предназначенных для получения погодно-климатических характеристик в условиях ограниченного количества наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климатическая доктрина Российской Федерации / Утв. указом Президента РФ от 26 октября 2023 г. № 812 – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407782529/> (дата обращения: 25.05.2024).
2. Катцов В.М. Современные приоритеты фундаментальных исследований климата / В.М. Катцов, В.П. Мелешко // Труды ГГО. – 2008. – Вып. 557. – С. 3-19.
3. Трендовый анализ: цели, сущность, основные приемы. – URL: https://studopedia.ru/5_152750_vopros--trendoviy-analiz-tseli-sushchnost-osnovnie-priemi.html (дата обращения: 12.02.2024).

СРЕДСТВА РЕГИОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА В ПРОБЛЕМЕ РОСТА ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ФОНЕ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

*Н.Н. Чередыко, В.А. Крутиков, С.Ю. Малышков, В.Ф. Гордеев,
В.А. Тартаковский, С.А. Кураков
atnik3@rambler.ru*

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, Россия*

Изменения климата ставят одним из основных вопросов – наиболее эффективную адаптацию к изменениям среды обитания в социальном и экономическом плане. Это возможно только с учетом особенностей региональных реакций на изменения глобального климата, что подразумевает совершенствование климатических моделей, технологий прогноза. Для решения таких задач в ИМКЭС СО РАН разрабатываются научные, технологические, информационно-вычислительные, методические средства мониторинга региональных геосистем разного масштаба. Инструментальной основой региональной мониторинговой системы является автоматический атмосферно-почвенный измерительный комплекс (АПИК), который разработан в ИМКЭС СО РАН. АПИК предусматривает возможность подключения любого набора необходимых под соответствующую научную задачу датчиков, энергоэкономичен, может эксплуатироваться суровых условиях. С использованием различных модификаций АПИК почти на 400 измерительных пунктах ведется долговременный мониторинг микро- и мезоклимата, исследуется взаимодействие атмосферы и литосферы.

На полигоне ИМКЭС СО РАН в п. Киреевск Томской области АПИК установлен совместно с также разработанным в институте многоканальным геофизическим регистратором литосферного потенциала естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) [1]. Анализируются совместные аномалии характеристик различных природно-климатических процессов в предположение, что в их динамике вследствие влияния климаторегулирующих факторов возможны согласованные аномалии. Это является решением задачи регионального отклика на глобальное потепление и проблемы роста экстремальных погодных событий на фоне него. Действительно, существенные аномалии в динамике ЕИЭМПЗ за период с 2018 г. согласуются с погодными экстремальными или неблагоприятными событиями более чем в половине случаев.

Отметим, что информационно-измерительная система на основе регистрации ЕИЭМПЗ, уже более 15 лет успешно оценивает и прогнозирует напряженно деформиро-

ванное состояние горных пород на объектах ПАО «Газпром» [2], а также доказала свою эффективность и надежность для инженерных изысканий в условиях криолитозоны. ИМКЭС СО РАН готов обеспечивать региональные и локальные системы мониторинга для решения различных естественнонаучных и прикладных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Detection of geodynamic activity areas based on the Earth's electromagnetic noise parameters / V.F. Gordeev [et al.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2016. – V. 48. – 012026. DOI:10.1088/1755-1315/48/1/012026.
2. Развитие пассивной радиоволновой информационно-измерительной технологии мониторинга динамических процессов взаимодействия литосферы, криосферы и атмосферы / В.Ф. Гордеев [и др.] // Оптика атмосферы и океана. – 2022. – Т. 35, № 02. – С. 105–109. DOI: 10.15372/AOO20220204.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В Г. НОРИЛЬСКЕ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

К.С. Юфрос, В.В. Дроздов
vladidrozдов@yandex.ru

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Наблюдаемые изменения климата в Европейской части России и в Восточной Сибири имеют, в ряде случаев, весьма негативные экологические и социально-экономические последствия, в том числе для городского хозяйства [2,4,7].

Систематические наблюдения за температурой воздуха в г. Норильске Красноярского края были начаты в 1934 году. Таким образом, к настоящему времени массив данных составляет 90 лет наблюдений за изменениями температуры воздуха. Сформирована региональная база данных значений температур воздуха в среднем за месяцы, сезоны и в среднем за год. Исходная метеорологическая информация была взята со справочно – информационного портала «Погода и Климат» [6]. Единственная метеорологическая станция в г. Норильск находится в 3 км от города, ее расположение представлено на рисунке 1. Высота расположения данной метеостанции над уровнем моря составляет 65 м.

Для анализа изменений многолетних температур рассматриваются средние годовые и сезонные значения температур воздуха.

На рисунке 2 представлена многолетняя динамика температур воздуха в среднем за год и в среднем за зиму. Выполнено построение полиномиальных трендов и оценка их значимости. Полиномиальный тренда применительно к средней годовой температуре воздуха – положительный и значимый. При рассмотрении всего периода наблюдений можно проследить единую тенденцию к увеличению среднегодовых температур воздуха.

С начала наблюдений и до 1974 года выражена тенденция увеличения низких температур с последующим непродолжительным периодом относительного стационарного состояния до 1986 года.

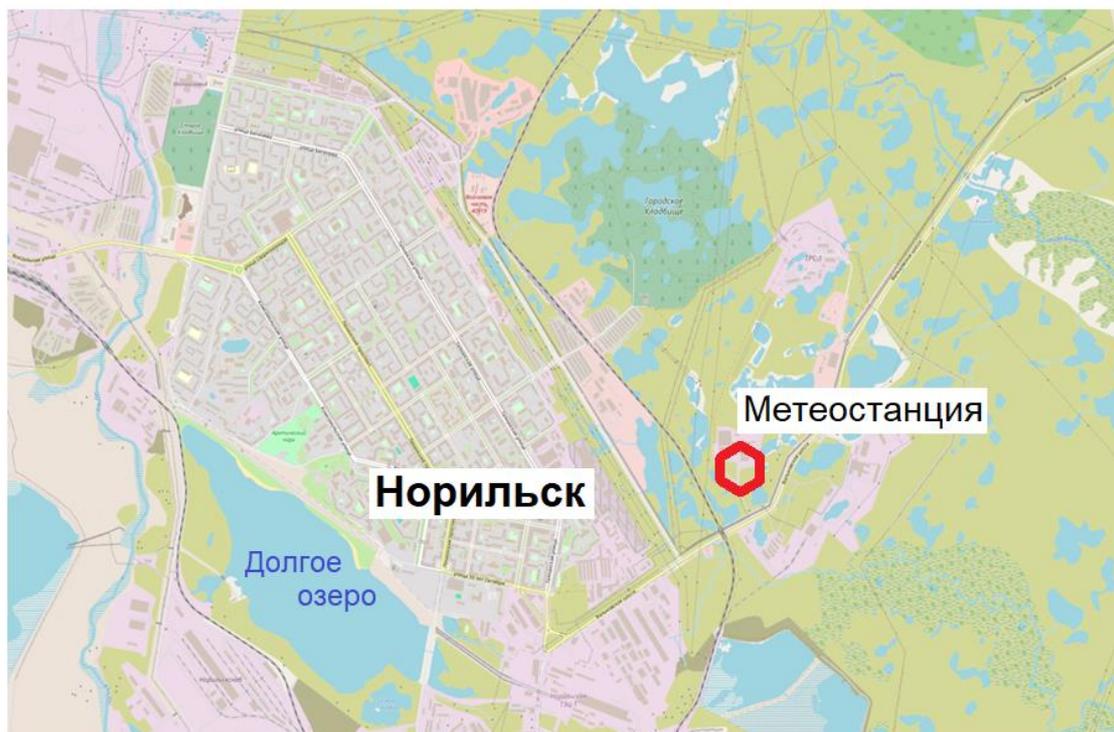


Рис. 1. Расположение метеорологической станции г. Норильск

В дальнейшем, с конца 1980 – х возникла тенденция к резкому возрастанию средних годовых температур воздуха, а также в среднем за сезоны (кроме зимы). В целом, за весь 90 -летний период наблюдений можно выделить 13 аномальных колебаний среднегодовой температуры воздуха: с 1941 года по 1944 температура колебалась в целом на 2–3 °С выше или ниже нормы, такие колебания также коснулись периодов с 1966 – 1969, 1977 – 1980, 1986 – 1988 и 2001 – 2002; следующий колебаний температур выше или ниже 3 градусов пришелся на 1958 – 1961 – е годы, 1992 – 1993, 1997 – 1998, 2009 – 2011 и 2016 – 2017 года; температуры с колебаниями около 3 – 4 °С и выше можно было наблюдать с 1973 по 1975 года, с 2005 по 2007 и с 2019 по 2021. Стоит отметить, что таким периодам колебаний обычно предшествует период относительно стабильной среднегодовой температуры, не превышающих колебания больше 1 °С.

За последние 25 –30 лет температура многолетнемерзлых пород в Западной Сибири повысилась на 1 – 1,5 °С и по различным оценкам к середине XXI в. Может достичь 3 – 4 °С [7]. Средняя температура многолетней мерзлоты до начала застройки города составляла -3 °С на глубине 10 – 12 м. По данным лаборатории Норильского комбината им. Завенягина в период с 1955 года по 1985 года температура грунтов на глубине от 2 до 6 м повысилась на 0,5 – 1 °С.

При проектировании жилой застройки г. Норильска города часть строилась на монолитно – скальных породах (оттаивание мерзлоты не приводило к критической деформации сооружений), но с 1958 году основным способом стал метод свайного фондирования в мерзлоте.

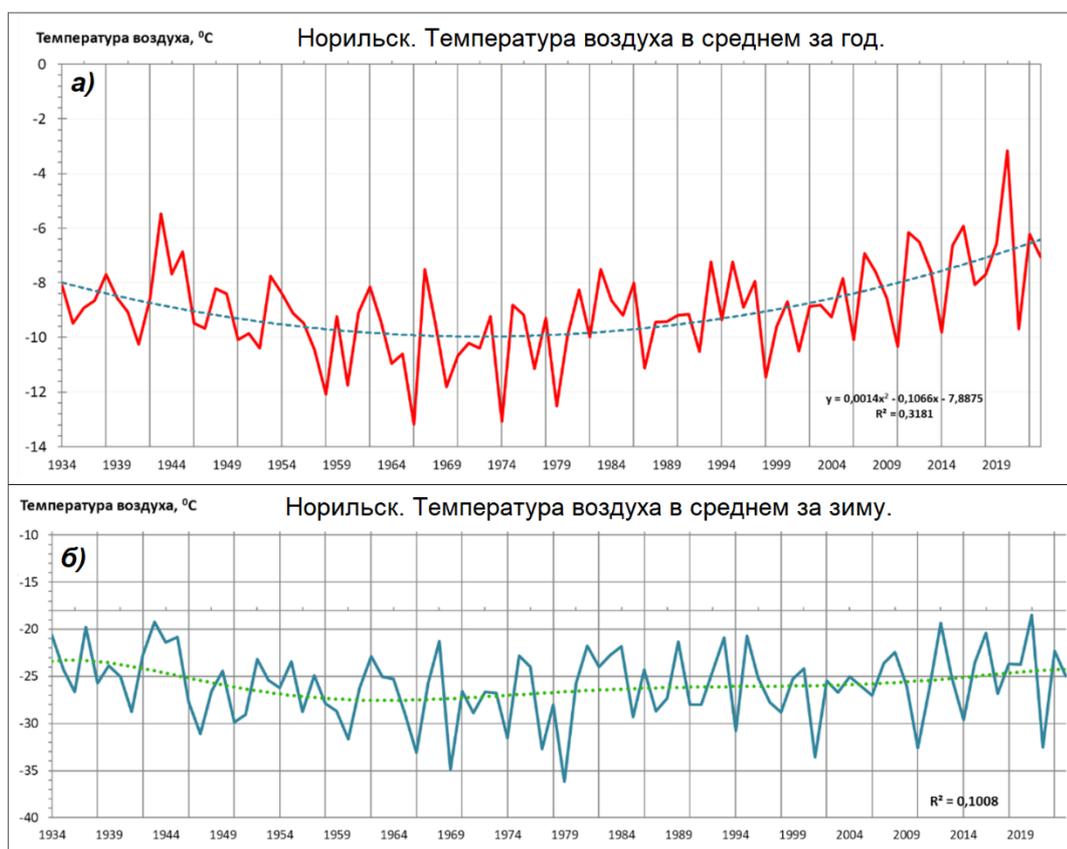


Рис. 2. Многолетняя изменчивость температур воздуха в г. Норильск
 а) – в среднем за год; б) – в среднем за зиму.
 Пунктирными линиями показаны полиномиальные тренды

К 1953 году городская жилая инфраструктура была представлена лишь 3–4-этажными зданиями на улицах Октябрьская и Заводская (ныне называемый Старый город), к настоящему времени нежилые. На данный момент сохранившиеся здания используются для административных целей в качестве офисных помещений предприятий группы компании «Норникель», коммунальных служб, складов, протяженностью с Октябрьской площади до Гвардейской площади и улицей Комсомольская. Последние до настоящего времени являются жилыми. В дальнейшем, активная застройка велась с 1960 – х годов до 1990 – х, после чего строительство новых сооружений не возобновлялось. Жилой фонд представлен 1 038 зданиями и сооружениями, из которых больше половины представлены возрастом до 30 лет [7]. До настоящего времени проводили только демонтаж старых зданий и расчистка площадок под будущие жилые и социальные объекты. Трещины в здании, разломы, просадки являются частой картиной в городе. Проект реноваций от 2021 года основывается на Плане социально – экономического развития города до 2035 года с реконструкцией и строительством нового жилого фонда. При его реализации необходимо учесть изменения климата и модернизировать здания и сооружения, в том числе путем усиления их фундаментов, или реконструкции [2].

По данным Московского Государственного Строительного Университета на 1 января 2009 года число сооружений с деформацией составляло около 10 %. На 2012 год более 100 находились в аварийном состоянии, а на 2020 год несущая способность повсеместно уменьшилась на 20 – 40 % [5]

Необходима реализация комплекса мер по адаптации жилищно-коммунального хозяйства города к изменениям климата с учетом данных систематического контроля состояния мерзлотных грунтов, модернизация ряда объектов и сооружений. Целесообразно расширить в г. Норильске соответствующую сеть натуральных наблюдений, а также пользоваться прогностическими оценками [1], при разработке планов развития городских районов и выбора технологий строительства.

Для инфраструктуры северных регионов эта тенденция опасна прежде всего тем, что рост температуры грунта приводит к уменьшению несущей способности свайных фундаментов, оснований и опор. Не менее серьезную угрозу представляет увеличение глубины сезонного протаивания поверхностного слоя грунта с высоким содержанием льда. Развитие термокарста может вызвать значительные неравномерные просадки грунта, привести к нарушениям рельефа и оказать пагубное воздействие на транспортные магистрали и инженерные сети. В последнее десятилетие деструктивное воздействие этих процессов на сооружения в области распространения вечной мерзлоты усилилось. Таким образом, установленные особенности многолетней изменчивости температуры воздуха, включая сезонные значения, а также динамики криолитозоны, могут способствовать совершенствованию планов адаптации г. Норильска и Красноярского края и целом [4].

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете в научной Лаборатории «Экология и климат» при реализации темы государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Бесшовное численное моделирование одновременного изменения климата, погоды, газового и аэрозольного состава атмосферы в глобальном и региональном масштабах и создание цифровой географической информационной системы обработки баз данных о составе и структуре атмосферы», шифр «Климат-2».

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов О.А., Нельсон Ф.Э., Павлов А.В. Прогнозные сценарии эволюции криолитозоны при глобальных изменениях климата в XXI веке // Криосфера Земли, 1999. – № 4. – С. 15–25.
2. Свод правил. Строительная климатология СП 131.13330.2020.
3. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научное издание, 2022. – 124 с. ISBN 978-5-907618-14-5.
4. Национальный План мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года. [Электронный ресурс]. – URL: <http://static.government.ru/media/files/DzVPGII7JgT7QYRoogphpW69KKQREGTB.pdf> (дата обращения: 18.04.2024).
5. План мероприятий по модернизации жилищного фонда муниципального образования город Норильск на период с 2010 по 2020 гг. [Электронный ресурс]. – URL: http://econ.krskstate.ru/dat/bin/art_attach/1732_prilojenie_2.pdf (дата обращения: 10.04.2024).
6. Погода и климат. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – URL: www.pogodaiklimat.ru (дата обращения: 05.04.2024).
7. Grebenets, V.I., Streletskiy, D.A. and Shiklomanov, N.I. Geotechnical safety issues in the cities of Polar Regions / V.I. Grebenets, D.A. Streletskiy, N.I. Shiklomanov // Geography, Environment, Sustainability. – 2012. – No 5(3). – P. 104–119.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИАЭРОДРОМНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

К.Ю. Янкина
yankinaku@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Развитие техносферы привело к загрязнению почвы, воды и атмосферы. Это выражается в резком ухудшении среды обитания всех живых организмов и, во многих случаях, необратимыми последствиями для них. По данным Госкомитета охраны окружающей среды размер допустимого воздействия человека на окружающую среду превышен в 8-10 раз [1]. При этом треть приходится на загрязнение подземных вод.

Одним из источников загрязнения окружающей среды является военная авиация, обусловленная эксплуатацией двигателей внутреннего сгорания, а также использованием керосина в качестве реактивного топлива. Неполное сгорание авиационного топлива приводит к специфической структуре выбросов отработанных газов (формальдегид, тяжёлые металлы, нитраты), концентрации которых в почве всегда превышают фоновые концентрации исследуемых территорий. Загрязнители и продукты их деструкции являются химически опасными веществами (II–IV классов опасности), которые длительное время накапливаются в депонирующих средах. Поэтому самолеты выполняющие полеты на больших высотах и скоростях (вплоть до сверхзвуковых) приводят к равномерному рассеиванию продуктов сгорания топлива на огромных территориях [2].

Кроме того, помимо топлива для реактивных двигателей загрязнение окружающей среды связано с использованием смазочных материалов, а именно с отработанными смазочными маслами. К примеру, наиболее опасным компонентом смазочных материалов является полихлордефинылы, которые при неполном сгорании, в основном бензина, образуют еще более токсичные производные фуранов и диоксинов, разрушающих иммунную систему людей и животных, вызывающих рак и нарушающих нормальную репродуктивную их способность. При этом, лишь незначительная часть из попадающих в окружающую среду вышеперечисленных продуктов обезвреживается естественным путем – окислением, фотохимическими реакциями, биоразложением (составляет всего 10-30 %).

Таким образом, смесь, состоящая из пыле-газовых выбросов, продуктов сгорания топлива, смазочных материалов накапливается на поверхности земли и вместе с осадками попадает в ливневые сточные воды.

Следует отметить, что переработка (регенерация) отработанных смазочных материалов в промышленном масштабе в Российской Федерации прекратилась в 1992 г. При этом, по данным Госкомитета охраны окружающей среды около 85 % общего объема загрязнений приходится на «хронические» небольшие утечки и проливы, и лишь около 15 % – на крупные катастрофы [3]. Анализ литературных данных показал, что неуклонно растет производство смазочных материалов, при этом количество экспериментальных исследований по оценке и контролю токсичности и канцерогенности отработанных смазочных материалов крайне мало.

Таким образом, масштабное увеличение объемов производства смазочных материалов, а также увеличение ряда заболеваний, связанных с выделением вредных примесей в атмосферу, делает необходимым контроль и определение уровня загрязнения при-

земного слоя атмосферы на технической позиции обслуживания воздушного судна.

Анализ работ показал, что для качественного, полуколичественного и количественного определения объектов окружающей среды используют методы управляемого обучения, таких как SIMSA (Soft Independent Modeling of Class Analogy), линейный дискриминантный анализ, методы многомерных данных (с использованием подходов факторного, кластерного, регрессионного анализа), а также искусственные нейронные сети. Использование метода многомерной калибровки, например, регрессия по главным компонентам и дробным наименьшим квадратам успешно применили для количественного анализа мультисенсорных систем по типу «электронный язык» [4].

Данный подход может быть применен для количественного определения органических компонентов в ливневых сточных водах. Простейшая двухкомпонентная система для обработки многомерных данных включает два фактора: аналитическую концентрацию компонента и pH.

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot pC_i + \sum_{i=1}^n b_i \cdot pH$$

Необходимым требованием к определяемым откликам является отсутствие систематических ошибок и незначимое различие дисперсий.

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ y_n \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1; (pC_i)_1 \dots (pH)_1 \\ 1; (pC_i)_2 \dots (pH)_2 \\ \dots \\ 1; (pC_i)_n \dots (pH)_n \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}$$

Матрица оценок коэффициентов градуировочных уравнений имеет вид:

$$B = \frac{1}{\det(X^T X)^*} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n pC_i^2 \sum_{i=1}^n pH_i^2 \sum_{i=1}^n Y_i - \left(\sum_{i=1}^n pC_i pH_i \right)^2 \sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n pC_i \sum_{i=1}^n pH_i^2 \sum_{i=1}^n pC_i Y_i + \\ \sum_{i=1}^n pC_i pH_i \sum_{i=1}^n pH_i \sum_{i=1}^n pC_i Y_i + \sum_{i=1}^n pC_i \sum_{i=1}^n pC_i pH_i \sum_{i=1}^n pH_i Y_i - \sum_{i=1}^n pC_i^2 \sum_{i=1}^n pH_i \sum_{i=1}^n pH_i Y_i; \\ \sum_{i=1}^n pH_i \sum_{i=1}^n pH_i pC_i \sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n pC_i \sum_{i=1}^n pH_i^2 \sum_{i=1}^n Y_i + n \left(\sum_{i=1}^n pH_i \right)^2 \sum_{i=1}^n pC_i Y_i - \\ - \left(\sum_{i=1}^n pH_i \right)^2 \sum_{i=1}^n pC_i Y_i + \sum_{i=1}^n pC_i \sum_{i=1}^n pH_i \sum_{i=1}^n pH_i Y_i - n \sum_{i=1}^n pH_i pC_i \sum_{i=1}^n pH_i Y_i; \\ \sum_{i=1}^n pC_i \sum_{i=1}^n pH_i pC_i \sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n pH_i \sum_{i=1}^n pC_i^2 \sum_{i=1}^n Y_i + \sum_{i=1}^n pH_i \sum_{i=1}^n pC_i \sum_{i=1}^n pC_i Y_i - \\ - n \sum_{i=1}^n pH_i pC_i \sum_{i=1}^n pC_i Y_i + n \sum_{i=1}^n pC_i^2 \sum_{i=1}^n pH_i Y_i - \left(\sum_{i=1}^n pC_i \right)^2 \sum_{i=1}^n pH_i Y_i; \end{bmatrix}$$

где

$$\det(X^T X)^* = n \sum_{i=1}^n pC_i^2 \sum_{i=1}^n pH_i^2 - n \left(\sum_{i=1}^n pC_i pH_i \right)^2 - \left(\sum_{i=1}^n pC_i \right)^2 \sum_{i=1}^n pH_i^2 + \\ + 2 \cdot \left(\sum_{i=1}^n pC_i \right) \sum_{i=1}^n pC_i pH_i \left(\sum_{i=1}^n pH_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n pH_i \right)^2 \sum_{i=1}^n pC_i^2.$$

**Для существования обратной матрицы $(X^T X)^{-1}$ матрица $X^T X$ должна быть невырожденной, т.е. $\det(X^T X) \neq 0$.*

Для проверки значимости найденных оценок коэффициентов регрессии, расчетов дисперсии адекватности и правильности результатов определения необходимо использовать основные метрологические характеристики [5].

Таким образом, количественное определение органических компонентов в ливневых сточных водах на технической позиции обслуживания воздушного судна возможно с помощью разработанного многомерного подхода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаркин Н.Н. Отработанным нефтепродуктам – вторую жизнь // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 12. – С. 64.
2. Старик А.М., Фаворский О.Н. Авиация и атмосферные процессы // Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем: процессы, модели, эксперимент. – 2015. – Т.20, №1. – С. 1-20.
3. Евдокимов А.Ю., Лашхи В.Л., Джамалов А.А. Отработанные смазочные материалы и вопросы экологии // Химия и технология топлив и масел. – 1992. – № 11. – С. 26-30
4. Бобрешова О.В., Паршина А.В., Янкина К.Ю. Потенциометрические мультисенсорные системы для определения новокаина и лидокаина в водных растворах, содержащих хлориды калия и натрия / О.В. Бобрешова, А.В. Паршина, К.Ю. Янкина и [др.] // Журнал аналитической химии. – 2012. – Т. 67, № 12. – С. 1072.
5. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: учебное пособие для хим. – технол. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / С.Л. Ахназарова. – Москва: Высшая школа, 1985. – 327 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ АТМОСФЕРУ, В ПРЕДЕЛАХ СЕДЬМОЙ ПОДЗОНЫ АЭРОДРОМА

К.Ю. Янкина¹, Е.В. Силютин¹, О.В. Клепиков^{1,2}
YankinaKU@mail.ru

¹*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия*

²*Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия*

Актуальность мониторинга экологического состояния загрязнения атмосферного воздуха в зонах влияния военных аэродромов связана с тем, что для авиационной техники Военно-космических сил (ВКС) не применяется система нормирования и регламентирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, как это имеет место для промышленных объектов и гражданского автотранспорта, т.к. обеспечение обороноспособности страны имеет несомненный приоритет в государственной политике. Вместе с тем, в мирное время, объекты Министерства обороны Российской Федерации, в том числе и подразделения ВКС, базирующиеся на стационарных объектах (военных аэродромах), должны выполнять требования

природоохранного законодательства [1]. Необходимость организации составления реестра факторов вредных выбросов на загрязнение атмосферного воздуха также связана с установлением границ 7 подзоны приаэродромной территории не только для гражданских, но и военных аэродромах [2].

Таким образом, целью работы явилось составление реестра основных выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ, влияющих на личный состав авиационных подразделений и население, проживающих в зонах воздействия приаэродромной территории.

Основанием составления реестра приоритетных загрязняющих атмосферный воздух веществ являются следующие критерии:

– вещества, совокупный вклад которых в валовый (общий) выброс (эмиссию) составляет до 95% (углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, взвешенные вещества);

– вещества, обладающие канцерогенным действием (фенол, формальдегид) на которые имеются аттестованные методы лабораторного контроля;

– неорганические вещества, входящие в пылевую фракцию, на которые имеются аттестованные методы лабораторного контроля.

Наибольшее значение для загрязнения атмосферного воздуха на аэродромах и приаэродромной территориях имеют подвижные источники загрязнения – воздушные средства на этапах взлета-посадки и стационарные источники загрязнения [3]. При этом, выбросы вредных веществ в зоне аэродрома и приаэродромной территории для самолетов различных типов будут отличаться, что представлено в таблице 1.

Таблица 1

Выбросы вредных веществ для разных типов самолетов на этапах взлета-посадки

Тип самолета	Выбросы вредных веществ за взлетно-посадочный цикл, кг/ч				
	СО	С _x Н _y	NO _x	SO _x	Пепел
Ту-154	48,8	45,5	68,3	0,6	2,0
Як-42	7,8	1,5	12,7	0,2	0,7
Ту-154 М	53,2	9,3	15,6	0,5	1,8
Як-40	22,5	4,5	4,7	0,1	0,5

В минимальный обязательный перечень определяемых веществ в атмосферном воздухе седьмой подзоны приаэродромной территории, согласно гигиеническим нормативам СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», необходимо включать диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, взвешенные вещества, несгоревшие углеводороды, пары керосина и др. Предельно допустимые концентрации (ПДК) приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест приведены в таблице 2 (СанПиН 1.2.3685-21) [4].

Основные загрязняющие атмосферу вещества, образующиеся при сгорании различных топлив, принято делить на следующие группы:

– *продукты неполного сгорания топлива*, а именно: оксид углерода СО (монооксид), сажа С и несгоревшие углеводороды С_nН_m. Оксид углерода может образоваться при недостатке кислорода (воздуха) или при низкой температуре процесса. Кроме того, при высоких температурах (обычно при Т > 2000 К) происходит диссоциация диоксида углерода СО₂ с образованием СО. При последующем горении, а

также в процессе охлаждения продуктов сгорания при наличии в смеси кислорода возможно догорание СО до диоксида углерода СО₂.

Таблица 2

ПДК приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (выборка из СанПиН 1.2.3685-21)

Наименование вещества	формула	Класс опасности	Использ. Критерий*	Значение критерия, мг/ м ³
Углерода оксид (углерод окись; угарный газ)	СО	4	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	5,0 3,0 3,0
Углерод (пигмент черный)	С	3	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0,15 0,05 0,025
Азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота)	NO ₂	3	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0,2 0,10 0,04
Азот (II) оксид (азот монооксид)	NO	3	ПДК м/р ПДК с/г	0,4 0,06
Сера диоксид	SO ₂	3	ПДК м/р ПДК с/с	0,5 0,05
Метан	ОБУВ	–	ПДК м/р ПДК с/с	0,3 0,10
Формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	СН ₂ О	2	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0,05 0,01 0,003
Фториды неорганические плохо растворимые	AlF ₃ , CaF ₂ , Na ₃ AlF ₆	2	ПДК м/р ПДК с/с	0,2 0,03
Ацетальдегид (уксусный альдегид)	С ₂ Н ₄ О	3	ПДК м/р ПДК с/г	0,01 0,005
Бензол (циклогексатриен; фенилгидрид)	С ₆ Н ₆	2	ПДК м/р ПДК с/с ПДК с/г	0,3 0,06 0,005
Фенол (гидроксибензол)	–	2	ПДК м/р ПДК с/с	0,01 0,0003

*) ПДК м/р – концентрация, предотвращающая раздражающее действие, рефлекторные реакции, запахи при воздействии до 20 - 30 минут – максимальная разовая;

ПДК с/с – концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) уровни риска при воздействии не менее 24 часов – среднесуточная;

ПДК с/г – концентрация, обеспечивающая допустимые (приемлемые) уровни риска при хроническом (не менее 1 года) воздействии – среднегодовая.

При сгорании газообразной смеси топлива с воздухом протекает множество реакций, одной из которых является образование сажи в процессе объемного пиролиза – термического разложения углеводородов в газовой или паровой фазе при сильном недостатке окислителя.

Также в отработавших газах присутствуют углеводороды С_nН_m – (метан, ацетилен, этан, толуол и др.), характеризующиеся относительно повышенной термодинамической устойчивостью – прежде всего ароматические и непредельные соединения. Такие соединения образуются из-за прекращения реакций окисления углеводородов в относительно холодной зоне камеры сгорания двигателя – в газовой

пленке между стенками камеры и зоной горения. Другие причины неполного сгорания углеводородов – неоднородность смеси топлива с воздухом, сбой в зажигании и т.п.;

– *оксиды азота*, образование которых связано преимущественно с реакциями окисления атмосферного азота атмосферным кислородом при высоких температурах, являющихся следствием процессов сгорания топлив; существуют в виде нескольких модификаций (N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5), переходящих друг в друга в определенных соотношениях в зависимости от температуры среды, присутствия молекул кислорода и некоторых иных условий. Поэтому выброс всех оксидов азота от какого-либо источника принято оценивать суммарно, обозначая как NO_x или давать в пересчете на наиболее распространенное в атмосфере соединение – диоксид азота NO_2 ;

– *вещества, образование и выброс которых предопределен содержанием в топливе в виде соединений таких элементов, как сера, тяжелые металлы и прочие, входящие в состав минеральных примесей (зола топлива).*

Оценка риска воздействия на здоровье человека всех потенциально вредных веществ хотя и желательна, но реально неосуществима из-за большого объема исследований и требуемых материальных ресурсов, а также из-за отсутствия адекватных данных об уровнях воздействия и потенциальной опасности ряда химических соединений. В связи с этим анализ обычно проводится на основе детального исследования ограниченного числа приоритетных (индикаторных) веществ, которые наилучшим образом характеризуют риск для здоровья населения, проживающего вблизи приаэродромной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зибров Г.В., Михайлов В.В., Умывакин В.М. Экологический мониторинг приаэродромных территорий на основе интегральной оценки техногенного воздействия военной авиации на окружающую среду // Системы метеорологического, экологического и аэрокосмического мониторинга». Под редакцией В.В. Михайлова. – Москва, 2015. – С. 171-180.

2. Клепиков О.В., Филимонова О.Н., Енютина М.В., Назаренко И.Н. Обзор исследований по оценке неблагоприятного влияния военных аэродромов на окружающую среду // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2019. – № 11. – С. 93-103.

3. Клепиков О.В., Куролап С.А. Обоснование выбора точек контроля для оценки воздействия аэротехногенных загрязнений на личный состав авиационных частей и подразделений // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – №58-1. – С. 46-48.

4. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – Текст электронный. - URL : <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения : 10.07.2024).

РАЗДЕЛ 3. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

POLLUTION OF THE AZERBAIJAN PART OF THE CASPIAN SEA WITH PETROLEUM HYDROCARBONS

Samadzade Nazrin
nsemedzade29@gmail.com

Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan

Introduction. The introduction of petroleum hydrocarbons into the environment changes this environment. These hydrocarbons cause the death of a large number of microbial species, and sometimes they can even change the ecosystem to varying degrees [5]. Various types of plants exposed to these hydrocarbons suffer from poisoning. Also, it cannot receive water and nutrients in the necessary amount and quality, as a result, the productivity of plants decreases.

The release of petroleum hydrocarbons into the environment also causes weathering. Environmental degradation of petroleum hydrocarbons includes biological (microbial and plant catabolism of hydrocarbons), chemical (autooxidation, photooxidation), physicochemical (sorption, dissolution, evaporation) and physical (dispersion) effects [1].

As we know, microorganisms have an important role in protecting and restoring ecological balance in the environment [2]. These microorganisms play an important role in the formation of symbiotic relationships with plants, decomposition of organic materials, recycling of nutrients and regulation of other processes [3].

In addition to the aquatic environment, the terrestrial environment is also polluted by petroleum hydrocarbons. When the soil surface is contaminated with these petroleum hydrocarbons, the process of rehabilitating these soils takes a long time.

The impact of oil pollution on water bodies is manifested in the following:

- deterioration of physical properties of water (turbidity, change of color, taste, smell);
- dissolution of toxic substances in water;
- reduction of the amount of oxygen in the water.

Water pollution can also cause the destruction of fauna. This includes the following:

- quality of fish (appearance of color, spots, smell, taste);
- death of adult fish;
- reduction of food resources (benthos, plankton), habitats, spawning and feeding of fish;
- disturbance of fish migration, etc.

We can say that one of the most urgent problems of our time is the pollution of the Caspian Sea. In particular, the intensive increase of oil and gas production in the Caspian Sea in recent times, as well as the discharge of various types of pollutants from separate sources into the sea, have caused the environmental situation to worsen here. We can say that studying the spread of oil spilled here as a result of accidents at sea, as well as the distribution of oil products in different hydrometeorological conditions, based on a mathematical model, is one of the most effective research methods, especially for our time. Among the researchers conduct-

ing research in this direction, Abdullayev and others studied the oil pollutant and its spreading process in the Baku archipelago part of the sea, based on the "Cardinal" two-dimensional non-stationary model.

Material and method. During the research, we used mathematical-statistical, historical, mathematical-analytical methods. The main sources of analysis during the research are the statistical materials of the AR Statistical Committee and the cartographic materials of the Geodesy and Cartography Agency. Based on statistical data, we have prepared and analyzed the dynamics of oil hydrocarbon pollution in the Azerbaijani part of the Caspian Sea over many years. Based on the cartographic materials of the Geodesy and Cartography Agency, we have mapped the degree of oil hydrocarbon pollution of the research area. We have also used fund and literature materials on the topic of research.

Conclusion and discussions. The Caspian Sea has been more seriously polluted by oil and oil products in the 21st century. Of course, the main reason for this is the intensive increase in oil and gas production both in our country and in other Caspian coastal countries. The Baku archipelago, which is one of the most intensively polluted areas in the Azerbaijani part of the Caspian Sea, consists of a group of small islands (Gum Island, Sangi-Mugan, Khare-Zira, etc.) extending southward from Baku Bay in the southern part of the sea. The most important causes of pollution of the area in the water area of the Baku archipelago are pollutants from sea transport, soil pollution, accidents, drilling of oil wells, operation of oil and gas mines, and others.

In the last century (1969), 47,000 tons of oil were discharged into the Caspian Sea through ballast water from oil tankers, but these materials discharged from the water of ships were up to 7 times less (7,000 tons) [4]. Among the many accidents that regularly occur in the sea, in the 60s of the last century, the accident in the Southern and Middle shelf part of the sea, which caused the flow of 4,000 tons of gas-oil condensate, can be mentioned. 14 years later, we can mention the accident in the southwestern part of Ogurchali Island [6].

Depending on the pollution, there are some areas in the South Caspian territory that are defined as dead zones. Baku Bay and Neft Daslar belong to these areas. The amount of oil from the pollutants in the waters of these areas ranges from 1.26 to 3.83 mg/l. Petroleum hydrocarbons have a special role in the process of pollution of the Caspian Sea. In particular, we can refer here to organic chlorine compounds, carbonuclides, hydrocarbons, petroleum hydrocarbons and heavy metals.

In the Azerbaijani part of the Caspian sea, there are oil fields such as Guneshli, West Absheron, Chirag, North Absheron, Azeri, Kepaz, Ashrafi and others. There are gas-condensate and gas fields such as Umid, Absheron, and Shah Deniz. There are oil-gas-condensate fields such as Bahar, Bulla sea and others, promising fields such as Guba-deniz, Shollar-deniz, Shirvan-deniz and others. The dynamics of the amount of petroleum hydrocarbons in the surface layer of the water in the Azerbaijani water area of the sea decreases with distance from the coast. So, while this indicator is more than 2.5 mg-g on the coast, this amount is 0.01 and less towards the interior of the sea (Fig. 1).

The degree of pollution of oil hydrocarbons has a different amount in different parts of the coast in the Azerbaijani water area. In 2002-2022, we conducted an analysis of this indicator on the banks of Mukhtadir and Lankaran. It was determined that while this indicator was 10 mg/g in dry weight in 2002 on the coast of Mukhtadir, it fluctuated in the following years and increased to 15 in 10 years, and in the next 10 years, after various fluctuations, it decreased to 10 mg/g. On the coast of Lankaran, this indicator reached its maximum in 2021 (30 mg/g) [20]. Before that, it reached its second maximum (20 mg/g) in 2005 (Fig. 2). Compared to the pollution on the Mukhtadir coast, the pollution on the Lankaran coast was more intense. However,

this indicator is sharper in Baku Bay.

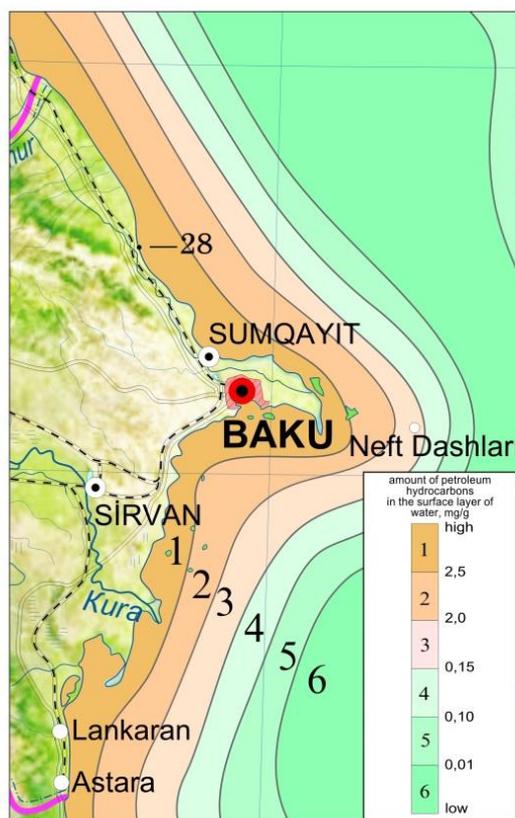


Fig. 1. The amount of petroleum hydrocarbons in the surface layer of water in the Azerbaijani water area of the Caspian Sea

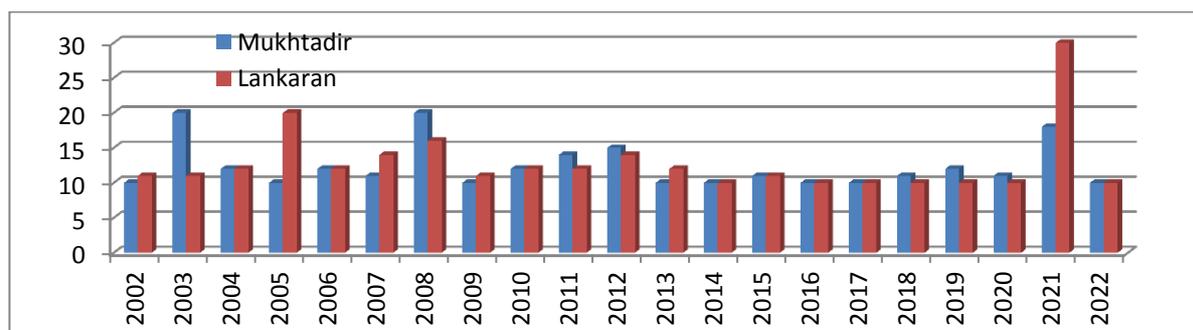


Fig. 2. Dynamics of petroleum hydrocarbons (mg/g dry weight) in coastal zones (Mukhtadir and Lankaran)

As we mentioned, this pollution was more intense in Baku Bay. The amount of petroleum hydrocarbons in the territory of the Bay reached its maximum in the XXI century in 2010 (70 mg/g), in 2021 (70 mg/g) and in 2020 (68 mg/g). The lowest indicator was recorded as 40mg/g in 2003 and 2007 (Fig. 3).

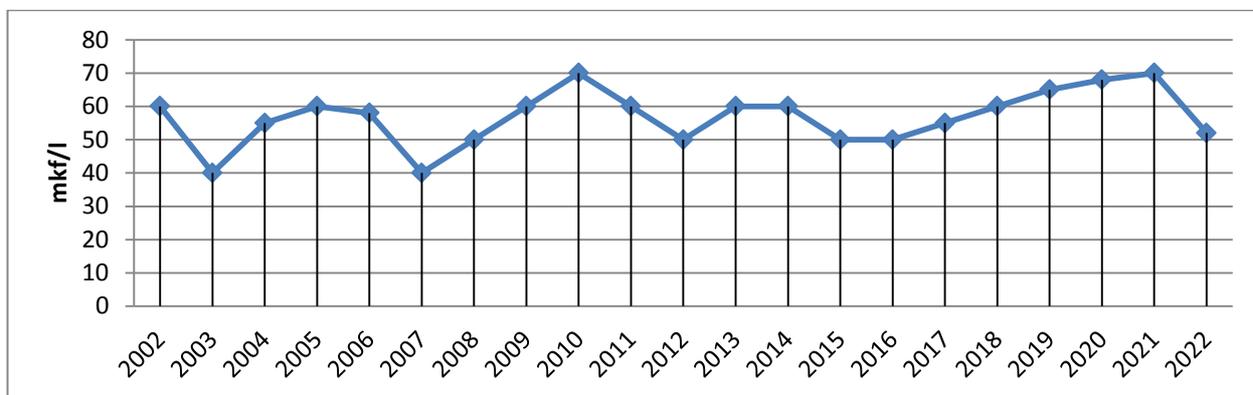


Fig. 3. Dynamics of petroleum hydrocarbons (mg/g dry weight) in Baku Bay

Analysis of the dynamics of petroleum hydrocarbons in sediments shows that this indicator is still observed in Baku Bay. This pollutant reached its highest level on Mukhtadir coast in 2003 (1.8 mg/g), in 2010 (2.03 mg/g), on Lankaran coast in 2005 (1.52 mg/g). In 2006, 1.08 (mg/g) was observed. In Baku Bay, which is characterized by a higher indicator, it was recorded in 2010 (1.85 mg/g) and in 2005 (1.52 mg/g) (Fig. 4).

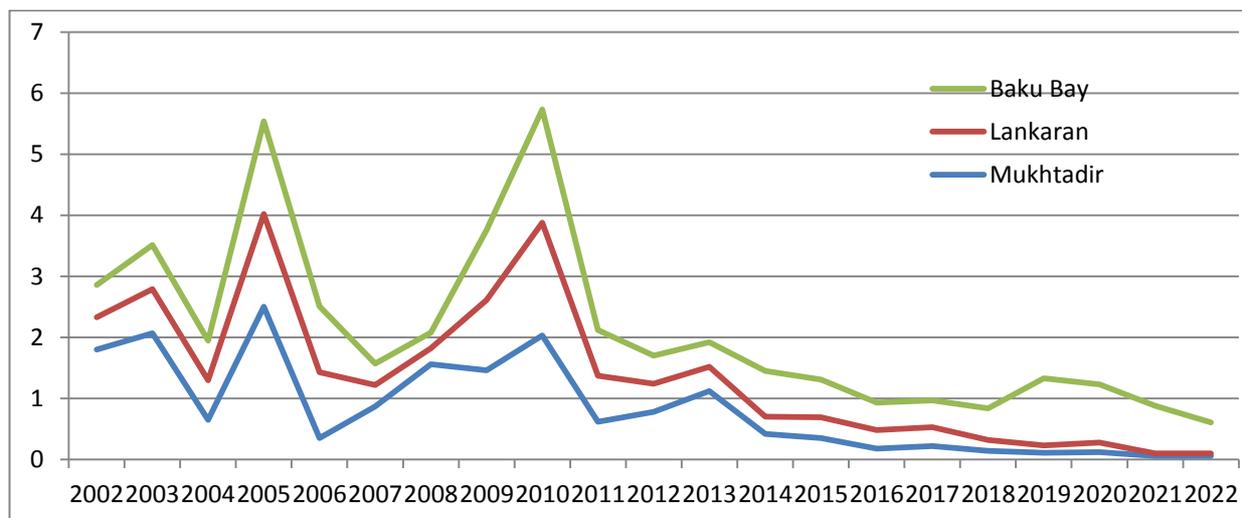


Fig. 4. Dynamics of petroleum hydrocarbons (mg/g dry weight) in sediments in coastal zones (Bay of Baku, Lankaran and Mukhtadir)

Conclusion. As a result of the conducted research, we can note the following ideas.

Among the areas polluted by petroleum hydrocarbons in the Azerbaijani waters of the Caspian Sea, Baku Bay stands out for its more stressful situation. Lankaran coast and Mukhtadir area followed it until last year in terms of pollution level.

In 2022, the amount of petroleum hydrocarbons in Baku Bay was 52 mg/g, and on the other two coasts it was 10 mg/g.

In 2022, the amount of petroleum hydrocarbons in sediments was 0.51 mg/g in Baku Bay, 0.06 mg/g in Mukhtadir coast, and 0.04 mg/g in Lankaran coast.

REFERENCES

1. Abdullayev I.M. Distribution of oil pollutant in the Baku archipelago water area of the Caspian Sea. Baku University News, Natural Sciences Series, –2023, –1, –p. 105-113.
2. Abdullayev I.M. Impact of pollutants on Baku Bay in the Absheron water area of the Caspian Sea, Baku University News, Natural Sciences Series, –2020, –1, –p. 111-122.
3. Asadov S.B. The modern state of Caspian Sea pollution and the dynamics of movement of additives. Baku University News, Natural Sciences Series, –2006, –2, –p. 106-113.
4. Agarzayeva B.A. Research of the amount of pollutants in the Azerbaijani water area of the Caspian Sea. Water problems: science and technology, –2016, –4., –p. 121-127.
5. National Atlas of the Republic of Azerbaijan, Baku: BKF, 2015, 549 p.
6. Sharifova J.Z. Study of the ecological situation of Baku Bay of the Caspian Sea. Baku, –2020, –73 p.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ВОД Р. ЧЕРЕК БАЛКАРСКИЙ

Э.А. Агоева^{1,2}

leonora_agoeva@mail.ru

¹*Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник, г. Нальчик, Россия,*

²*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия*

Река Черек-Балкарский расположена на северном склоне Центрального Кавказа. По морфометрическим данным длина реки составляет 54км, площадь водосбора – 701км², средний уклон реки – 35‰, а средняя высота водосбора – 2570м н.у.м. Тип питания – смешанный, с максимальным стоком воды в июне-августе, когда тают ледники и высокогорные снега. Согласно данным гляциологических исследований наибольшая площадь оледенения приходится на бассейн р.Черек Балкарский и составляет 54% от общей площади ледников (107 км²). Исследуемая река образуется от слияния двух рек Дыхсу и Карасу. Ниже слияния этих двух рек в р.Черек Балкарский впадает несколько притоков, начинающихся на Боковом хребте. После слияния двух притоков, в районе Центральной депрессии, р.Черек Балкарский, поворачивает на северо-восток и вступает в пределы Бокового хребта. Здесь располагается с.Верхняя Балкария. Слияния двух Черек – Безенгийского и Балкарского происходит в районе п.Бабугент, далее у с.Аушигер-Хеу принимает правый приток Кардахурт, после чего, выйдя на равнину его воды, разделяются на много рукавов и протоков [1, 3, 4].

В 2023г. продолжены мониторинговые исследования вод р.Черек Балкарский. Первой точкой отбора пробы воды на р.Черек Балкарский послужил правый приток р.Карасу являющийся одним из её истоков – р.Меттиан-Су (р.Кукур-Су) находится он на высоте около 1825м н.у.м. При общей протяженности р.Черек Балкарский равной 54км, исследования ведутся на отрезке длиной 43 км, из которых 35 км проходят по территории Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника (рис. 1, табл. 1).

Пункты отбора проб на р.Черек Балкарский

№	Водный объект / Расстояние, км	Местоположение пункта отбора / высота над уровнем моря, м
1.	р.Меттиан-Су (Кукур-Су)	правый приток р.Карасу / 1825
2.	р.Карасу / 0	правый исток р.Черек Балкарский, до слияния с р.Дых-Су / 1679
3.	р.Черек Балкарский / 1,7	после слияния р.Дых-Су и Карасу / 1667
4.	р.Черек Балкарский / 6,8	после левого притока Тютюнсу, разрушенный кордон заповедника / 1504
5.	р.Черек Балкарский / 11,0	после левого притока Каштан-Су, не доезжая до притока Цулдур-Су / 1388
6.	р.Тарташла / 11,8	правый приток р.Черек Балкарский выше с. В.Балкария на 9км / 1341
7.	р.Гюльчи-Су / 13,5	правый приток р.Черек Балкарский, выше с. В.Балкария / 1339
8.	р.Черек Балкарский / 17,7	под железным мостом после впадения сухой р.Курукол (правый приток) выше с. В.Балкария / 1196
9.	р.Черек Балкарский / 17,7	до втока р.Рцывашки (р.Ишкырты) выше с. В.Балкария / 1161
10.	р.Рцывашки / 18,0	правый приток р.Черек Балкарский выше с. В.Балкария / 1161
11.	р.Черек Балкарский / 18,1	навесной мост, выше с. В.Балкария / 1110
12.	р.Карасу-Балкарский / 43,0	левый приток р.Черек Балкарский выше с. Бабу-гент
13.	р.Черек	после водохранилища ГЭС и слияния двух Черек (Черек Безенгийский+Черек Балкарский)

В ходе исследований за химическим составом вод р.Черек Балкарский было выявлено следующее (Рис.).

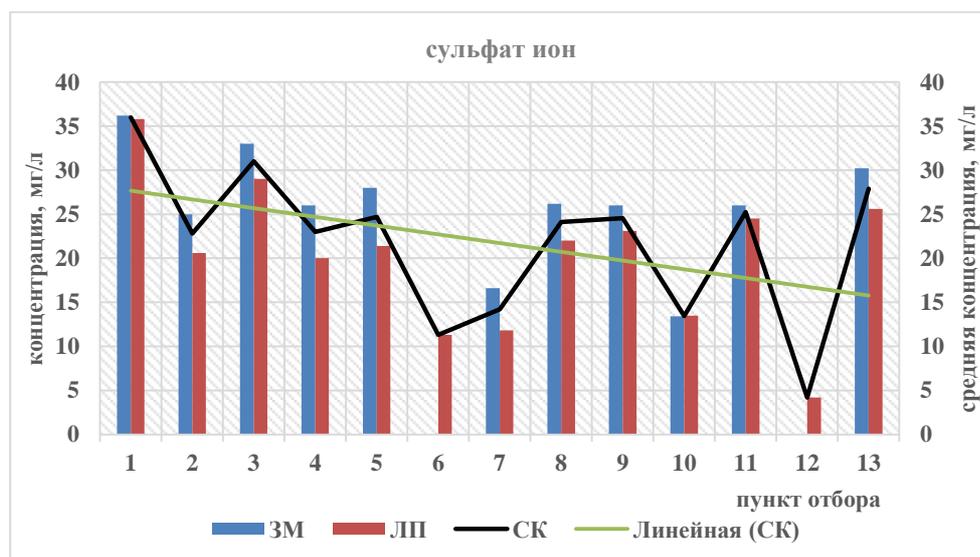
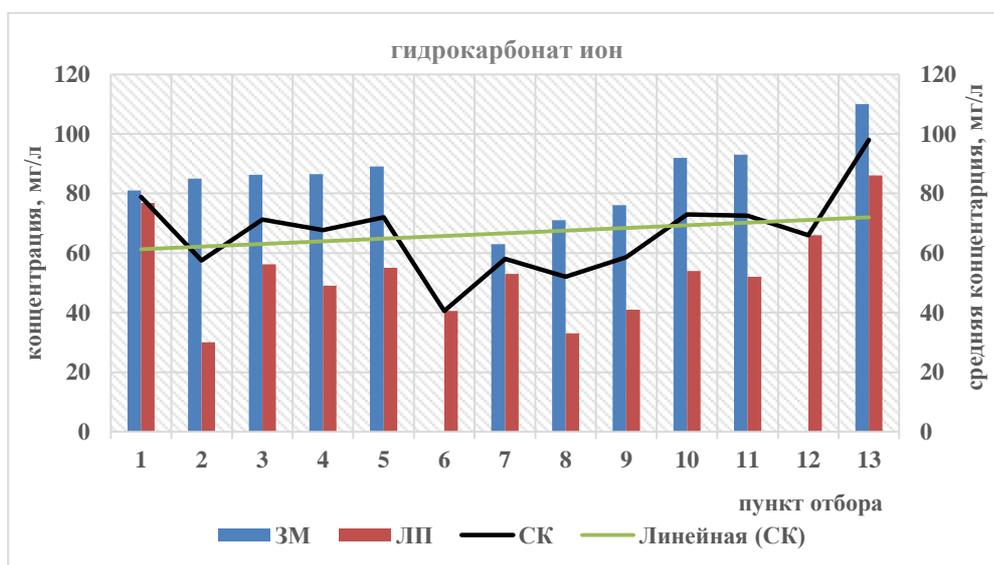
Водородный показатель (рН) в водах р.Черек Балкарский изменялся незначительно в пределах от 7,3ед. до 8,4ед. Максимальные значения рН отмечены для устьевых областей исследуемой реки обеих фаз отбора, равные 8,4ед.-8,2ед. Среднее значение рН в зимних водах составляло 8,0ед, а в летних водах – 7,1ед. Таким образом, величина рН речных вод Балкарского ущелья носит нейтрально-щелочной характер и мало отличается в разные фазы гидрологического режима.

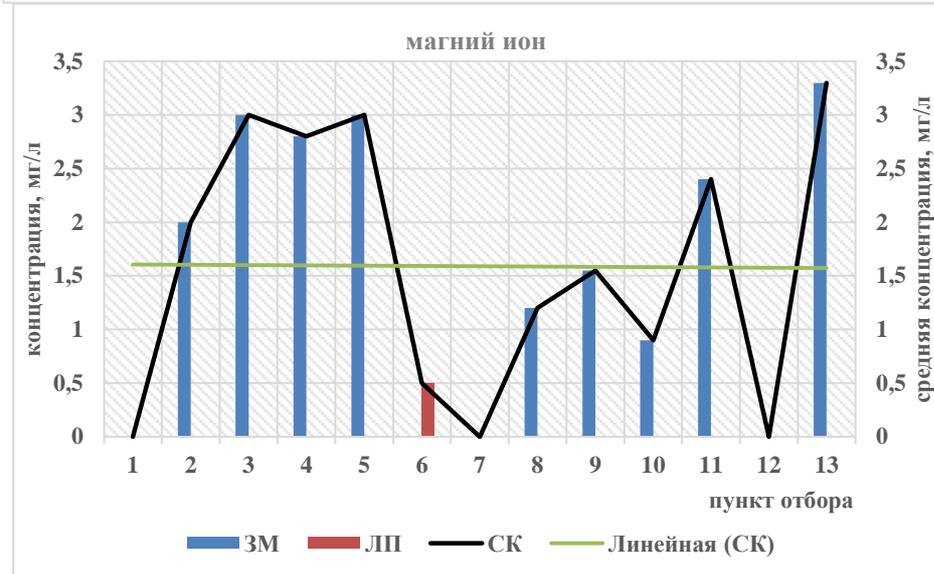
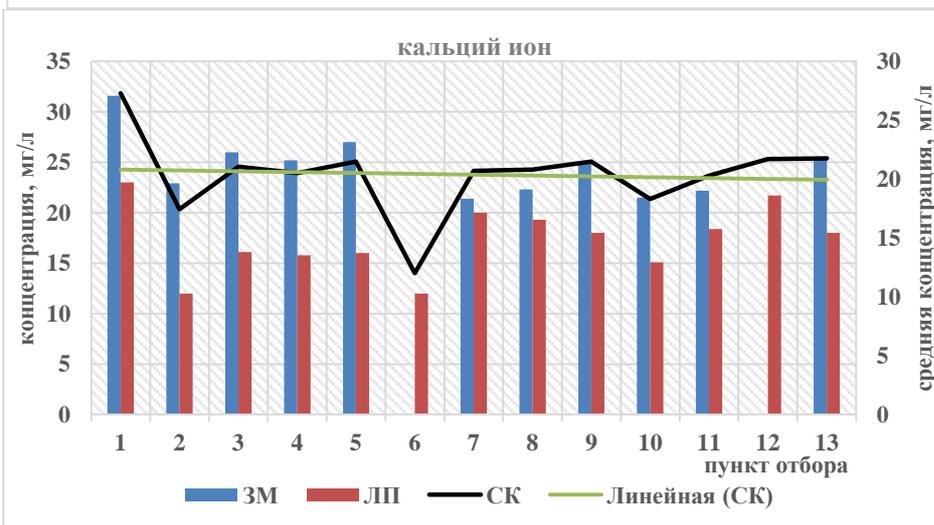
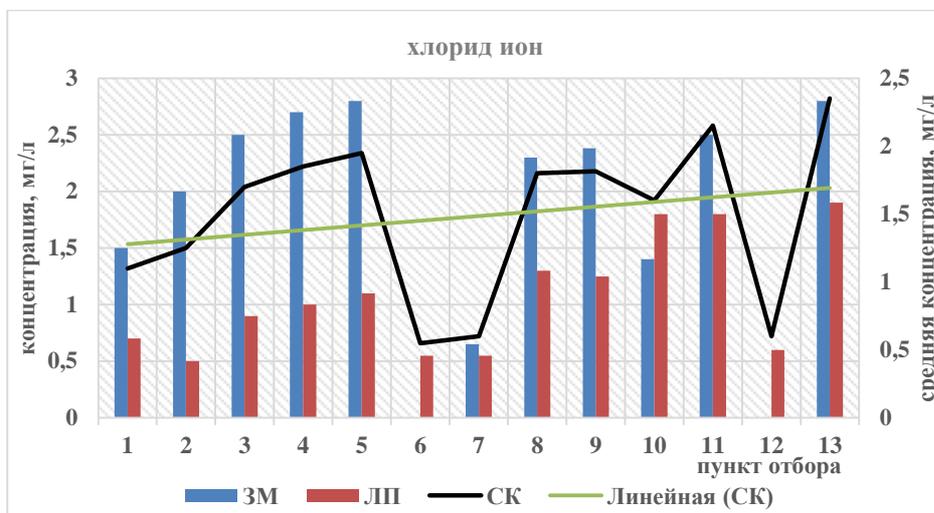
Концентрация гидрокарбонат-ионов (HCO_3^-) вниз по течению реки уменьшается в 1,1 раза. Временное изменение в среднем содержании гидрокарбонат-ионов зимой характеризуется повышенным его значением в 1,6 раза, чем в половодье. Полученные

результаты по содержанию гидрокарбонатов очень близки по его содержанию в водах рр.Черек Безенгийский и Чегем, что указывает на единство в источниках образования исследуемых рек.

Концентрация сульфатных ионов (SO_4^{2-}) занимает третье место среди определяемых параметров по своему содержанию, как в межень, так и в половодье. Для сульфата ионов характерно также временное изменение концентраций. Так содержание сульфатов в межень в 1,3 раза выше, чем в половодье. Наблюдается также пространственное увеличение сульфат ионов, как в межень, так и в половодье в 1,1 раза.

Содержание хлорид ионов (Cl) по ходу исследуемой реки в зимнюю межень от истока к устью изменяется в пределах от 2,50 мг/л до 2,7 мг/л, а в ледниковое половодье – от 0,96 мг/л до 1,85 мг/л. Среднее содержание хлорид ионов в зимнюю межень в 2,6 раза выше, чем в половодье.





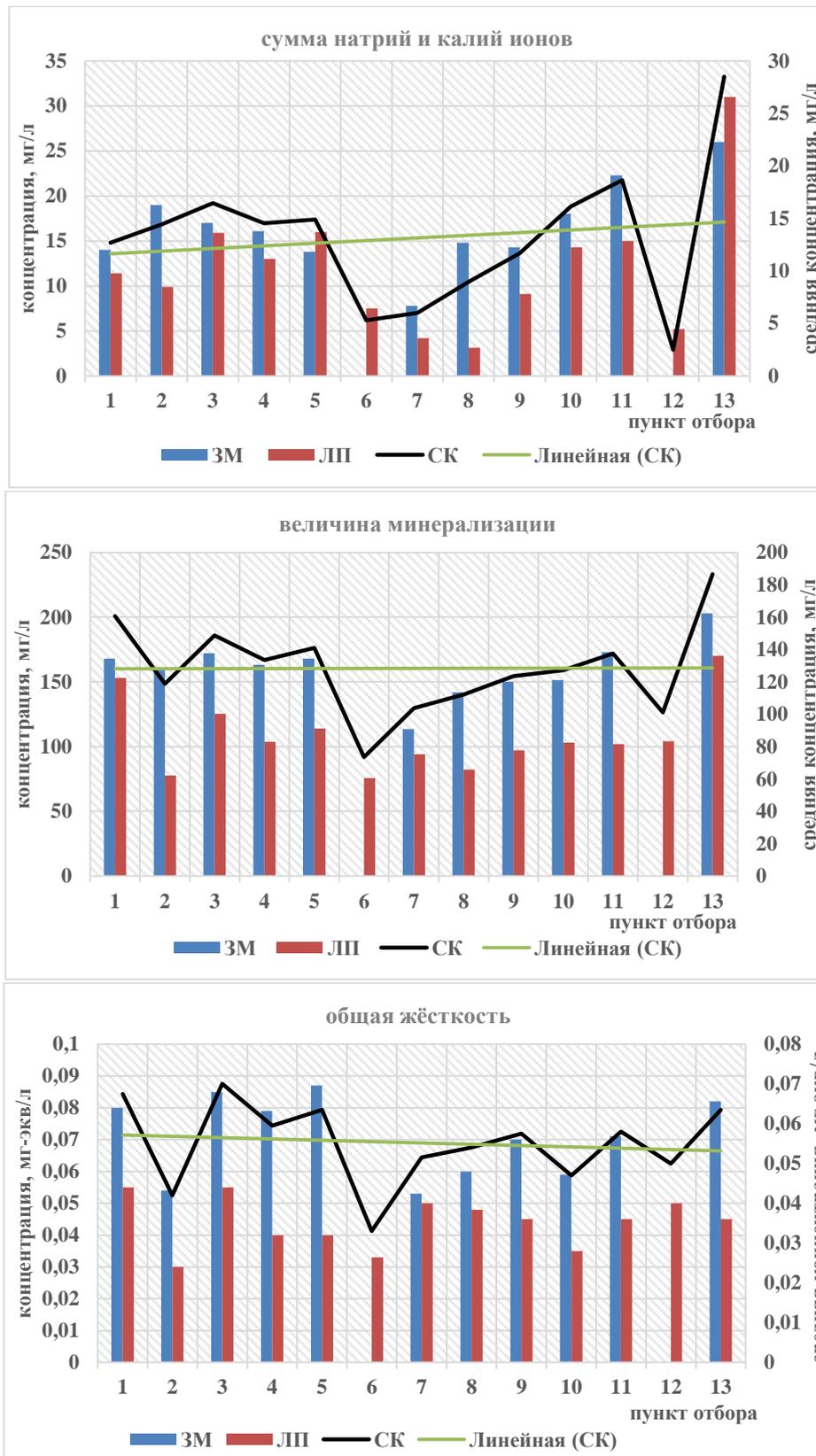


Рис. 1. Пространственно-временная динамика изменения концентраций макросостава в водах р.Черек Балкарский её притоках

Концентрация кальция (Ca^{2+}) как и в прежние годы исследований находится в
270

подчинённом положении, при этом ионы кальция доминируют и являются преобладающим среди катионов. Пространственное изменение содержания кальций ионов в зимних водах по ходу реки изменяется от истока к устью незначительно, снижаясь с 24,1 мг/л до 25,4 мг/л, а в летних водах повышаясь – с 16,2 мг/л до 18,1 мг/л. Временное изменение содержания кальций ионов в зимнюю межень в 1,4 раза выше, чем в половодье.

Концентрация магния Mg^{2+} Так пространственное изменение в межень характеризуется незначительным повышением концентрации по ходу реки от 3,0 мг/л до 3,3 мг/л, а в половодье, на всём протяжении реки, значения составляют 0,00 мг/л.

Общая жёсткость (ΣCa^{2+} и Mg^{2+}) Временное изменение общей жёсткости вод показывает повышенное их значение в 1,5 раза в зимний период по сравнению с половодьем в период, которого происходит приток в основное русло реки талых вод приводящий к разбавлению их и снижению таким образом значений общей жёсткости. Проведённые исследования указывают на то, что воды р.Черек Балкарский обладают хорошими показателями качества по общей жёсткости и относятся к очень мягким водам.

Концентрация натрия и калия (Na^+ + K^+) в зимних водах изменяется от истока к устью в 1,1 раза, а в летних водах в 1,3 раза. Временное же изменение характеризуется увеличенным значением в половодье в 1,3 раза, чем в межень.

Также согласно отображённых на гистограмме пространственно-временных изменений концентраций определяемых величин и параметров, наблюдается как положительный, так и отрицательный тренд, и уравнения регрессий, которых имеет следующий вид:

Параметр	Уравнение регрессии
HCO_3^-	$y = 0,892x + 60,375; R^2 = 0,0609$
SO_4^{2-}	$y = -0,9931x + 28,679; R^2 = 0,198$
Cl	$y = 0,0345x + 1,2442; R^2 = 0,0487$
Ca^{2+}	$y = -0,0706x + 20,867; R^2 = 0,0066$
Mg^{2+}	$y = -0,0027x + 1,6077; R^2 = 7E-05$
Величина минерализации	$y = 0,0431x + 127,97; R^2 = 3E-05$
Сумма ионов натрия и калия	$y = 0,2523x + 11,373; R^2 = 0,0215$
Общая жёсткость	$y = -0,0003x + 0,0575; R^2 = 0,0153$

Азот содержащие биогенные вещества. Исследование состава вод р.Черек Балкарский на содержание биогенных азотсодержащих веществ выявило все три их формы.

Концентрация нитрат ионов (NO_3^-) по ходу исследуемой реки варьировала в пределах от 4,3 мг/л до 5,1 мг/л; в ледниковое половодье и от 3,6 мг/л до 4,7 мг/л в зимнюю межень, что по своим значениям очень близко. Среднее содержание нитратов в межень и половодье близко и составило 3,95мг/л и 4,14мг/л соответственно. По содержанию токсических нитратов превышений ПДК_{п.в} не выявлено.

Концентрация нитрит ионов (NO_2^-) в водах по ходу р.Черек Балкарский изменялось за зимний период наблюдений от 0,009 мг/л до 0,01 мг/л, а за летний – от 0,01 мг/л до 0,048 мг/л. Среднее содержания нитритов в межень и половодье составило 0,09 мг/л и 0,28 мг/л соответственно, т.е. нитритов в 3,1 раза больше в половодье.

При норме для поверхностных вод равное 0,08 мг/л исследованные воды р.Черек Балкарский в обе фазы по содержанию токсических нитритов не превышали ПДК_{п.в}.

Концентрация аммония ионов (NH_4^+) в водах зимней межени и ледникового половодья не находилось в пределах нормы. При ПДК $_{\text{NH}_4^+}$ для поверхностных вод равной 0,5 мг/л, из 13 пунктов отбора проб, в 9-ти из них выявлены превышения ПДК $_{\text{п.в.}}$ от 1 раза до 4,2 раз, а именно в пунктах отбора № 2-5,7,9,10-11,13. Максимальное превышение по аммония-ионам (2,1 мг/л), в 4,2 раза, определено в последнем пункте отбора, в воде р.Черек, т.е. после водохранилища ГЭС и слияния рек Черек Безенгийского и Черек Балкарского.

В зимний период концентрация аммония по ходу р.Черек-Балкарский от истока к устью изменяется незначительно от 0,25 мг/л до 0,30 мг/л. Наиболее выраженные изменения наблюдаются для летнего периода, так содержание от истока к устью повышается от 0,6 мг/л до 2,1 мг/л, т.е. увеличивается в 3,5 раза. Среднее содержание аммония-ионов в межень и половодье различно и составило 2,30 мг/л и 8,93 мг/л соответственно. Таким образом, временное изменение для аммония ионов характеризуется повышенным его значением в половодья в 3,9 раза.

Величина минерализации (Еи). Как показали исследования, характерной особенностью пространственно-временного изменения величины минерализации вод р.Черек Балкарский, является увеличение её от истока к замыкающему створу, как в зимнюю межень, так и в ледниковое половодье. Согласно наблюдениям, наблюдается пространственное увеличение величины минерализации р.Черек Балкарский как в межень, так и в половодье – в 1,0 раза. Временное изменение величины минерализации характеризуется увеличенным её значением в 1,2 раза в зимнюю межень, что связано с переходом реки на подземное питание водами, более минерализованными по своему составу. Таким образом согласно проведённому анализу состава вод р.Черек Балкарский мы можем схематично показать соотношение главных и азот содержащих ионов в исследуемых водах и выглядит оно следующим образом:

Зимняя межень	Ледниковое половодье
2023г.	
$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4 > \text{Ca}^{++} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{++}$	$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^- > \text{Ca}^{++} > \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{++}$
$\text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+ > \text{NO}_2^-$	

Вывод: Проведённые исследования состава поверхностных вод р.Черек Балкарский указывают на то, что: – данные по химическому составу можно считать фоновыми, относительно равнинных частей исследуемые реки, так как отсутствуют антропогенные источники загрязнения; – превышений ПДК $_{\text{п.в.}}$ по физико-химическим показателям не отмечено (кроме аммония ионов в летних водах р.Черек Балкакарский); – по величине рН воды исследованных рек носят нейтральный, слабощелочной характер; – исследуемые воды по величине минерализации относятся к слабоминерализованным, пресным и ультрапресным; – наблюдается тенденция в пространственно-временном изменении величины минерализации от истока к устью в сторону увеличения, а также повышение в зимнюю межень; – изменение величины минерализации речных вод не превышало установленной ПДК для поверхностных вод, равной 1000 мг/л; – согласно типизации О.А. Алекина, по гидрологическому классу исследуемые реки относятся к Тянь-Шаньскому, а по гидрохимическим показателям к гидрокарбонатно-кальциевому классу, для которых характерна невысокая минерализация; – по экологическим классам качества поверхностных вод суши, исследованные воды, относятся к 1 кл. и 2 кл., т.е. к очень чистым [2]; – общая жёсткость речных вод при допустимой норме для поверхностных вод

суши – 7 мг-экв/л, находится в пределах нормы. Такие воды классифицируются по экологическим классам качества поверхностных вод суши как мягкие и очень мягкие; – качество исследуемых вод соответствует принятым нормативам и пригодны для питьевого и хозяйственного предназначения; – также установлено, что природный геохимический и геоморфологический фон изучаемого водосбора оказывает влияние на состав поверхностных вод, что связано с вымыванием их из горных пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1946. – 30 с.
2. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 229 с.
3. Панов В.Д. Ледники бассейна реки Терек. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 296 с.
4. Панов В.Д., Псарева Т.В. Каталог ледников СССР. Т.8. Северный Кавказ, ч. 6,7. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 95 с.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕКИ КАЗАНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-СИСТЕМ

А.А. Афанасьева, Ю.Д. Юрова
afanaasyeva@mail.ru

Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия

Агроэкологическая оценка земель – соотнесение требований растений и условий произрастания на сельскохозяйственных угодьях. Данная оценка нужна для составления адаптивно ландшафтных систем земледелия, т.е. использование земель с максимальной экономической выгодой, при этом не нанося вреда окружающей среде [3].

Одним из чаще встречающихся водных объектов являются малые и средние, близкие к малым, реки. Благодаря тому, что они являются начальным элементом крупных рек, то оказывают достаточно существенное влияние на их режим. Антропогенное воздействие более существенно влияет на бассейны малых рек, чем на бассейны больших водостоков. Оно обычно приводит к ускорению естественных процессов и изменению экосистем

Деградация малых рек является актуальной проблемой. Важная особенность формирования стока малых рек – связь с ландшафтом водосбора, это указывает на уязвимость реки и самого водосбора, при чрезмерном использовании водных ресурсов. Вследствие развития сельского хозяйства на водотоках увеличиваются процессы заиления, зарастания, снижения водности, все они приводят к сокращению речной сети путем исчезновения постоянного водотока.

Практически любые изменения малых рек негативно влияют на состояние бассейнов, в первую очередь пойм. Одним из негативных последствий является заиление малых рек, которое происходит при усилении эрозии почв на водосборах в связи с их распашкой, хотя всего лишь около 20 % эродированного на водосборах материала достигает малых рек [5].

Река Казанка – левобережный приток р. Волги, до подтопления Куйбышевским водохранилищем ее длина составляла 172 км. По данным Википедии в настоящее время ее длина 142 км, площадь водосбора 2600 км². По другим данным, соответственно, 136 км и

2789 км². Река и ее бассейн полностью расположены в пределах республики Татарстан. Современное устье реки находится на территории г. Казани, образуя в результате подпора водохранилища большой залив около 6 км длиной. Средняя глубина реки 0,5-1,5 м, скорость течения – 0,1-0,3 м/сек [2].

Научно-информационная и методическая база. Методика исследований основана на использовании дистанционного зондирования и ГИС-систем. Для создания картосхем расположения водосбора р. Казанка, углов наклона, распределения пашен была использована программа ArcGIS.

Сначала была построена карта углов наклона или карта уклонов необходимая для оценки территории. Она показывает, на сколько градусов наклонена поверхность, другими словами величину крутизны.

Для создания карты углов наклона также, как для построения гипсометрической карты, используется SRTM. Картосхема, изображенная на рисунке 1, выполнена в градусном диапазоне, т.е. значения уклона составляют от 0° до 90°. Далее была подобрана градация градусов угла наклона и цвета для естественного отображения рельефа местности на карте. На карту нанесена речная сеть р. Казанки и границы бассейнов притоков. По данной карте были подсчитаны площади по каждому кластеру из пула углов наклона для всего водосбора и для водосборов притоков р. Казанки и составлена таблица. Для репрезентативности на карту добавлена статистическая информации с процентным соотношением площадей углов наклона для всего водосбора и для водосборов притоков р. Казанки. Также для более детального рассмотрения карты углов наклона был выбран водосбор р. Шимьяковка (рис. 2).

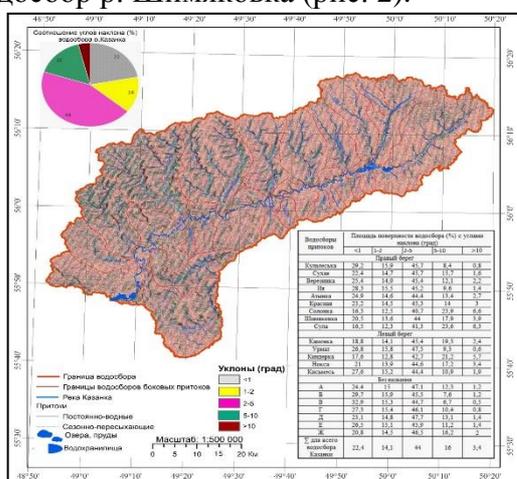


Рис. 1. Карта углов наклона водосборной территории р. Казанки

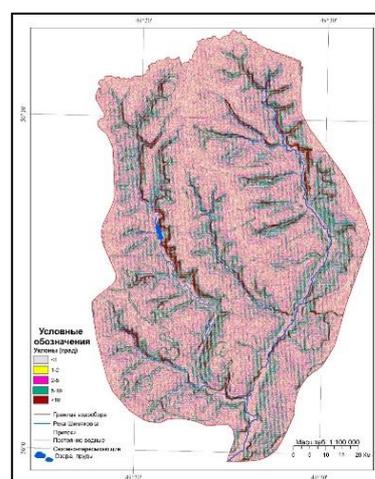


Рис. 2. Карта углов наклона водосбора р. Шимьяковки

На картосхемах углов наклона водосборной территории, довольно четко видно, что самые крутые уклоны (>10°) в большей степени расположены по берегам р. Казанки и ее притоков, они занимают 4 % от всей территории. Большую площадь охватывают территории с уклонами 2°-5° – 44 % от общей площади водосбора. Территории с уклоном <1° распространены по всей области и занимают практически четверть площади водосбора, а точнее 22 %. Анализируя таблицу, расположенную на карте (рис. 2) можно сделать вывод, что на водосборной территории р. Культедьски, правого притока Казанки, менее всего распространена эрозия, т.к. 29,2 % территории занимают земли с уклоном <1°. Водосборные территории р. Сулы и р. Солонки, правобережных притоков Казанки, больше всего подвержены эрозионным процессам, т.к. области с углами наклона больше

>2° занимают больше 70 % территории.

Для оценки современного состояния водосбора необходима картосхема, на которой отражены сельскохозяйственные земли. Благодаря ДЗЗ в геоинформационной программе, построена картосхема распаханности (рис. 3).

По карте, расположенной на рисунке 5 видно, что сельскохозяйственные земли занимают 50 %. Большую часть всех пахотных территорий занимают возделываемые пашни – 45 %, из них практически 44 % занимают пашни подверженные эрозией, 1 % – не подверженные эрозии и 0,2 % занимают орошаемые земли. Не возделываемые пашни занимают 5 %.

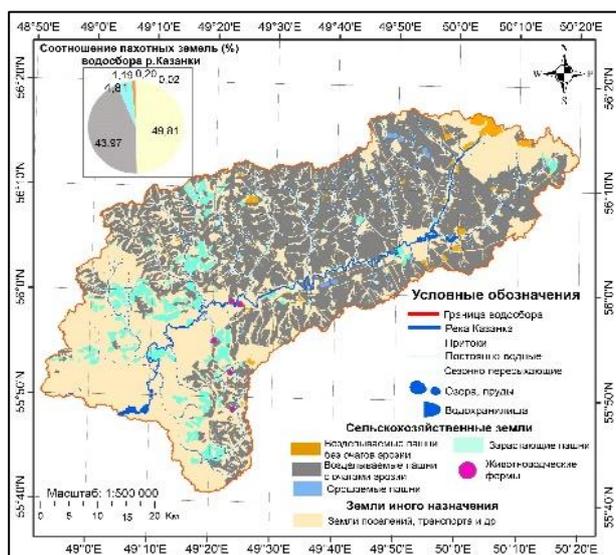


Рис. 3. Распаханность водосборной территории р. Казанки

Для анализа территории использовалась разработанная В.И. Кирюшиным (1969) новая агроэкологическая типология земель. (ранжирование по шести категориям), обусловленная требованиями адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Исходное требование АЛСЗ определяется важным системообразующим началом – агроэкологическими потребностями растений и их средообразующим влиянием. Поэтому в основу типологии положен агроэкологический тип земель, т.е. территория, однородная по условиям возделывания или близких по экологическим требованиям культур [1].

Типизация земель проводится с учетом лимитирующих факторов, которые подразделяются на четыре группы [1]:

- Управляемые (например, количество в почвах минерального питания);
- Регулируемые (например, мощность пахотного слоя);
- Ограниченно регулируемые (например, содержание гумуса);
- Нерегулируемые (например, гранулометрический состав).

Для территории водосбора р. Казанка методика В.И. Кирюшина (1969) была преобразована – для оценки использовались уклоны поверхности и типы почв. В таблице 1 представлена классификация уклонов и их влияние на смыв почв, в таблице 2 представлены классы земель по наклону поверхности.

Таблица 1

Влияние уклонов на степень смыва почв (по В.И. Кирюшину, 1969)

Уклоны, град	Степень смыва
0,5 – 1,0	Отсутствие
1,0 – 2,0	Слабая
3,0 4,0	Средняя
4,0 – 5,0	Значительная
5,0 – 8,0	Сильная

Таблица 2

Классы земель по наклону поверхности (по В.И. Кирюшину, 1969)

Эрозия земель; условия работы сельскохозяйственных машин	Предельный уклон, град	Назначение земель
Эрозия практически не проявляется. Возможно использование любых машин	До 2	Пашня
Слабая эрозия; использование любых машин	До 4,5	Пашня
Значительная эрозия; затруднено использование больших и тяжёлых машин	До 9	Пастбища
Сильная эрозия. Использование тяжёлых машин затруднено	До 17	Пастбища
Очень сильная эрозия, Возможно ограниченное использование самых лёгких машин	До 36	Лесопосадки
Каменистые поверхности, сильноэродированные и фактически не пригодные для использования	Более 36	Неиспользуемые земли (неудобья, пустоши)

Для проведения агроэкологического зонирования водосбора р. Казанки необходимо подсчитать площади, занимаемые используемыми пашнями, а также подсчитать соотношение площадей занимаемыми каждым из видов угла наклона.

Далее по классификации В.И. Кирюшина (таблица 1, 2) проведен расчет площади территории с различной степенью смыва почв. Также посчитаны площади пашен с разным уклоном поверхности и классифицированы по градации наличия эрозии.

Для того чтобы определить какая территория в большей или меньше степени подвержена эрозии необходимо каждой из категорий, степени смыва почв и степени эрозии, присвоить балл от 1 (благоприятная обстановка) до 4 (неблагоприятная обстановка). Для расчёта общего балла положительной или отрицательной обстановки необходимо баллы (1-4) перевести в коэффициенты (0,1-0,4), далее эти коэффициенты перемножаются с процентом площади занимающей ту или иную категории. В зависимости от полученного результата суббасейны можно поделить на категории с большим или меньшим соотношением земель подверженных эрозии. Чем меньше условный суммарный балл, тем меньше земель подвержены эрозии.

Условный балл агроэкологической обстановки пашен по степени уклонов территории рассчитывается по формуле (1):

$$A = 0,1 * Нп + 0,2 * СЛп + 0,3 * СРп + 0,4 * Вп + 0,1 * Нэ + 0,2 * СЛэ + 0,3 * ЗНэ + 0,4 * Вп \quad (1)$$

где Нп – процентное количество земель, с отсутствием смыва почв,
 СЛп – процентное количество земель, со слабым смывом почв,
 СРп – процентное количество земель, с средним смывом почв,
 Вп – процентное количество земель, с высоким смывом почв,
 Нэ – процентное количество земель, где практически отсутствует эрозия,
 СЛэ – процентное количество земель, где слаборазвита эрозия,
 ЗНэ – процентное количество земель, где значительно развита эрозия,
 Вэ – процентное количество земель, где сильно развита эрозия.

Условный балл агроэкологической обстановки пашен по степени уклонов территории для водосбора р. Казанка:

$$A = 0,1 * 22,4 + 0,2 * 14,1 + 0,3 * 44 + 0,4 * 19,4 + 0,1 * 36,5 + 0,2 * 44 + 0,3 * 16 + 0,4 * 3,4 = 45$$

После проведения расчётов составлена картосхема (рис. 4), отражающая агроэкологическую обстановку пашен, то есть условный суммарный балл. Бирюзовым цветом обозначены водосборы притоков, у которых минимальный балл (39), у данных территорий меньше всего пашен подверженных эрозии и пашен со средней или сильной степенью смыва почв.

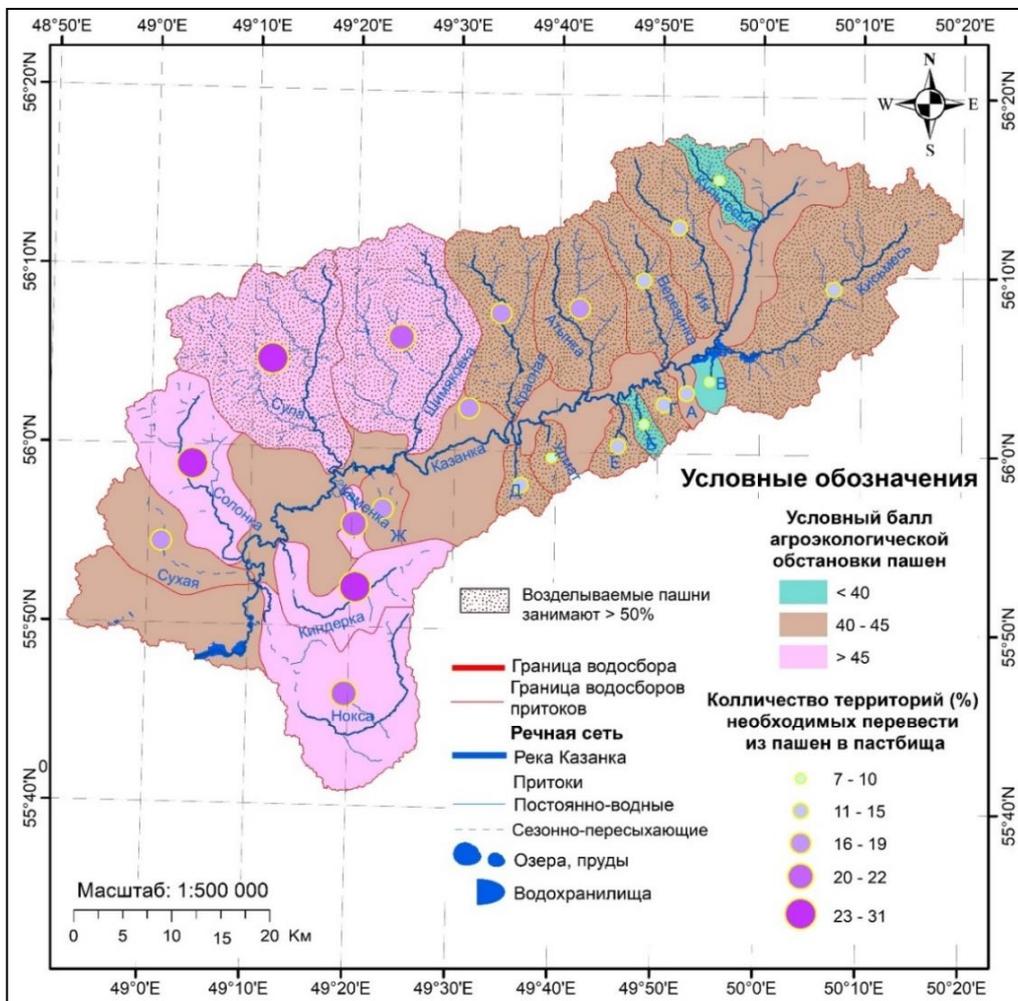


Рис. 4. Картосхема агроэкологической оценки водосбора р. Казанка

Розовым цветом обозначены водосборы с максимальным баллом (больше 45). Также в данном анализе представлено количество пашен, которое необходимо перевести в пастбище, т.к. данные территории имеют либо значительную, либо сильную эрозию. На картосхеме это представлено в виде градации процентов. От 7 до 31 процента на всех суббасейнов есть пашни с сильной эрозией. Также на данной картосхеме отмечены водосборы больше половины территории которых занимают возделываемые пашни, это свидетельствует о сильной антропогенной нагрузке и дальнейшем развитии эрозии.

Выводы. Таким образом, при анализе водосбора р. Казанка, выявлено, что большая часть территории подвержена эрозии. Только на 37 % пашен практически отсутствует эрозия, (то есть уклон поверхности меньше 2 градусов). Большая часть водосборов притоков занята сельскохозяйственными землями, которые подвержены эрозии, из этого можно сделать вывод, что происходит достаточно сильных смыв с пашен. Выявлены суббасейны с которых происходит большой смыв веществ. Например, водосборы р. Сула и Шимяковка имеют достаточно большую площадь. Большая часть их территорий занята сельскохозяйственными полями, также имеют большие площади территорий с сильной эрозией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганжара Н.Ф. Почвоведение [Текст]: учеб. пособ. / Н.Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.
2. Курбатова И.Е., Афанасьева А.А. Природные и антропогенные факторы риска деградации реки Казанка и ее притоков: эколого-географический подход // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов = Modern problems of reservoirs and their catchments [Электронный ресурс]: труды IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. (г. Пермь, 25–28 мая 2023 г.) / науч. ред. А.Б. Китаев, О.В. Ларченко, В.Г. Калинин; Пермский государственный национальный исследовательский университет – Пермь, 2023. – Электронные данные. – Пермь, 2023. – Т. 1. – 12,4 Мб; С. 257-263.
3. Макаров В.И. Агроэкологическая оценка земель: [Текст]: учеб. пособ. / В.И. Макаров. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015. – 104 с.
4. Мозжерин В.И., Ермолаев О.П., Мозжерин В.В. Река Казанка и ее бассейн // В.И. Мозжерин. – Казань: Orange key, 2012. – 280 с.
5. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы // Аналитический обзор. Серия «Экология». – М.; Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2002. – 114 с.

ДОСТУПНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВОДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

М.А. Блинов
rodnikcdo@yandex.ru

*Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования Центр
дополнительного образования «Созвездие», г. Воронеж, Россия*

Так получилось, что мы с учащимися достаточно давно занимаемся проведением учебно-исследовательских работ по разным направлениям, которые они затем представляют на конференциях различного уровня. Безусловно, нельзя все охватить, поэтому приходится выбирать темы исследований в тех направлениях, которые мы сможем сде-

лать в наших достаточно ограниченных условиях. Одним из таких направлений у нас являются исследования связанные с водой. О них я и расскажу ниже.

Почему именно вода? Для этого есть несколько причин:

1. Материал можно легко собрать.
2. Для изучения доступно большое количество объектов – есть из чего выбирать.
3. Чаще всего эти объекты находятся в пешей доступности.
4. Процесс сбора и анализа данных очень наглядный.
5. Наличие сезонных отличий (характерно в основном для природных объектов).
6. Для работы, как правило, достаточно знаний из школьной программы.

«Вода выполняет множество функций. Это среда обитания водных животных, растений, микроорганизмов; растворитель и источник питательных веществ для них. Вода участвует в обмене веществ, происходящем в живых организмах и во многих других процессах» [1].

Очень часто при выполнении исследовательских работ с учащимися возникает необходимость определить те или иные параметры воды. Воду можно исследовать различными способами. Некоторые из них предполагают измерение различных ее параметров. Хорошо, конечно, если есть лаборатория с оборудованием и набором всех необходимых реактивов. В наших учреждениях раньше попадали полевые лаборатории от ЗАО «Крисмас+», например «Пчёлка-У» различных модификаций. На наш взгляд они не очень удобны, да и цена очень сильно завышена. В последнее время стали появляться цифровые лаборатории RELEON (экология и другие модификации). Эти весьма не плохи, однако их не очень удобно использовать в полевых условиях (нужен ноутбук).

А что делать, если всего этого нет или расходники закончились и работать нельзя? Приходится обходиться минимальными подручными средствами. Мы регулярно с этим сталкиваемся и хотим рассказать, как выходим из этой ситуации. Мы стали искать, чем же можно это заменить? И вот что мы выбрали для себя по итогам многих лет работы.

Следует понимать, что параметры воды можно измерять несколькими способами:

1. Берется проба воды и относится в лабораторию, которая занимается измерением ее параметров. В последнее время стало появляться много работ с подобным способом измерений. Для себя мы не считаем его приемлемым, так как обучающийся только собирает материал, не принимая участия в анализе. Мы считаем, что его можно использовать только в случае необходимости для проверки результатов.

2. Мы используем для измерения параметров воды стационарные электронные приборы. Достоинство этого метода: точные результаты. У нас в наличии имеется нитратометр и рН-метр. Пользуемся редко. Громоздкие и не очень удобные

3. Можно провести титрование с помощью различной химической посуды и химических реактивов. Не пользуемся, так как у нас этого нет.

4. Использование аквариумных тест-полосок. Этот способ позволяет контролировать сразу несколько параметров воды. Регулярно пользуемся.

5. Использование капельных аквариумных тестов. Регулярно пользуемся.

6. Портативные электронные приборы для замера параметров воды. Регулярно пользуемся.

Вкус, запах и прозрачность воды мы меряем стандартно, особого оборудования для этого не нужно, поэтому и говорить о них здесь, большого смысла нет. А вот о портативных приборах и аквариумных тестах расскажем более подробно.

Какие же параметры можно измерить с помощью портативных приборов. Это:

TDS (Total Dissolved Solids) — это суммарный количественный показатель кон-

центрации растворенных в воде веществ (солей) или общее количество растворенных в воде солей (общее солесодержание или общая минерализация). Термин «TDS» представляет собой числовое значение, указывающее на присутствие примесей в растворе. Измеряется в миллиграммах на литр, которые принято называть миллионными долями, или сокращенно ppm.

pH – активная реакция воды (водородный показатель). Позволяет количественно оценить кислотные и щелочные свойства воды.

ES – электропроводность воды, измеряемая в микросименсах. «Электропроводность — это численное выражение способности водного раствора проводить электрический ток. Электрическая проводимость природной воды зависит в основном от степени минерализации и температуры» [2]. В последнее время стало часто появляться в зарубежных материалах по аквариумистике.

Температура. Измеряют обычно в градусах Цельсия, иногда в градусах Фаренгейта. Что такое температура знают все, поэтому описывать ее нет смысла.

Солёность воды. Соленость – количество граммов веществ, растворенных в одном литре воды. Соленость измеряется в промилле (‰). Средняя соленость Мирового океана – 35‰, это значит, что в 1 литре воды растворено 35 граммов солей и веществ. в промилле.

Плотность воды в г/см³. Плотность любой соленой воды зависит от концентрации в ней различных солей. Чем больше концентрация, тем она более плотная.

ОВП (редокс потенциал). «Окислительно-восстановительный потенциал (редокс-потенциал от англ. redox — reduction-oxidation reaction, Eh или Eh) — мера способности химического вещества присоединять электроны (восстанавливаться).» [3] Окислительно-восстановительный потенциал (редокс потенциал) — это мера активности электронов в веществе (в данном случае в воде). Окисление — это процесс потери электронов, а восстановление – это процесс их присоединения. Общая сила этого электронного обмена между веществами в воде прямо влияет на уровень ОВП. Данный параметр выражается в милливольтгах (mV) и измеряется ОВП-метром. Отрицательные значения указывают на восстановительные свойства воды, а положительные на окислительные.

Еще есть прибор, позволяющий измерять содержание кислорода в воде. Стоит он довольно дорого, поэтому мы его пока не приобрели.

Кроме того, нам встречалось описание электронного H₂ тестера, который позволяет измерить концентрацию водорода в диапазоне от 0 до 2 ppm. Рассматривать мы его не стали, так как применения этим измерениям мы для себя пока не видим. Возможно, мы включим эти приборы в наши исследования в дальнейшем. Чаще всего мы используем портативные электронные приборы для определения TDS и pH воды. Особенно удобны они во время выходов на природу, так как занимают очень мало места и ими легко проводить измерения. У нас есть опыт работы с несколькими моделями. Поэтому мы можем сравнивать и выбирать оптимальные модели для различных видов работ. Чаще всего мы используем эти приборы для измерения TDS и pH. Наиболее интересны на наш взгляд TDS-3, и XIAOMI Mi TDS Pen от одноименной фирмы. Кроме того старую модификацию TDS-3 можно самостоятельно калибровать по методике предложенной Сергеем Лещенко [4]. В новой модификации TDS-3 такая возможность отсутствует. Из портативных моделей pH-метров с которыми мы работали наиболее интересными нам показались две ATC и TRI-METER WATERPROOF TDS/Ph & TEMP. Их калибровку можно осуществлять самостоятельно стандартными методами.

А теперь подробно расскажем об аквариумных тестах. Их можно условно разделить по группам на несколько видов.

По типу теста аквариумные тесты делятся на следующие:

1. Капельные
2. Тест-полоски

Тест-полоски обычно меряют 5-6 параметров воды. Как правило, это нитраты, нитриты, общая жесткость, карбонатная жесткость, рН, иногда хлор. Кроме того, зная карбонатную жесткость и рН можно вычислить содержание углекислого газа в воде. Капельные аквариумные тесты, в свою очередь подразделяются на разные группы.

По типу тестирования:

1. Тесты сравнения (капают фиксированное количество капель теста, затем полученный цвет сравнивают с прилагаемой шкалой)
2. Тесты подсчета (полученный результат рассчитывается исходя из количества капель, потраченных на тестирование).

По группам и тестируемому веществу:

1. Основные тесты (gH, kH, pH)
2. Азотные тесты (NO₂, NO₃, NH₄/NH₃)
3. Прочие тесты (PO₄, Fe, Cu, SiO₃, O₂, Cl, CO₂, Mg, K, B, I₂, Sr).

Отдельно стоит сказать про очень интересный текст на органику. Производитель фирма «Salifert». Содержание органики оценивается по 5 бальной шкале.

При использовании тестов следует обратить внимание для какой воды они предназначены для пресной или морской. С тестами для морской воды мы работаем очень редко.

Существует очень много производителей тестов для аквариумов. Нам встречались тесты 16 различных фирм российских и зарубежных. Поработав с ними, мы определили для себя некий комплекс параметров, которым должны соответствовать используемые нами тесты. Они должны быть доступны в продаже, иметь как можно более низкую цену и обладать достаточной точностью измерений. Кроме того линейка тестов должна быть достаточно широкой. На наш взгляд этим требованиям соответствуют тесты следующих фирм:

1. Sera. Немецкая фирма. Средняя цена. Большая линейка тестов. Широко распространены, поэтому легко купить. Из недостатков – сложно купить реактивы отдельно и нет компьютерной программы для работы с тестами.

2. JBL. Немецкая фирма. Высокая цена. Самая большая линейка тестов. Не всегда легко купить. Есть реактивы отдельно и компьютерная программы для работы с тестами

3. Нилпа. Российская фирма. Низкая цена. Средняя линейка тестов. Широко распространены, поэтому легко купить. Из недостатков – нельзя купить реактивы отдельно и нет компьютерной программы для работы с тестами

4. UHE. Российская фирма. Низкая цена. Большая линейка тестов. Достаточно легко купить, заказав с сайта производителя. Можно купить реактивы отдельно и есть компьютерная программа для работы с тестами.

В последнее время чаще всего используем тесты Нилпа и UHE.

Для перевода единиц измерения жесткости в случае необходимости очень удобно пользоваться таблицей найденной в интернете [5] или же калькулятором найденным там же [6].

При необходимости измерении количества кислорода иногда используем метод Носоновой, основанный на перманганатной окисляемости [7]. Он достаточно прост. С его описанием можно ознакомиться, скачав представленный на экране QR-код.

Приборы с нашей точки зрения предпочтительнее, так как они выдают четкий результат в виде цифр, а тесты позволяют судить о результате, близком к тем или иным

цифрам не давая его точного числового значения. Однако для того чтобы понять какие параметры стоит измерить потом более точно этого вполне достаточно.

Использование вышеперечисленных приборов и тестов позволяет нам определять основные параметры воды с точностью приемлемой для учебно-исследовательских работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современный аквариум и химия / И.Г. Хомченко, А.В. Трифионов, Б.Н. Разуваев. – М.: Новая волна, 1997. – 190,[2] с.: ил.;

2. Электропроводность воды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.growmir.ru/blog/elektroprovodnost-vody> (дата обращения: 1.07.2024).

3. Окислительно-восстановительный потенциал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Окислительно-восстановительный_потенциал (дата обращения: 1.07.2024)

4. Изготовление поверочного (калибровочного) раствора для TDS-метра. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://aquashrimps.ru/biblioteka/useful/izgotovlenie-poverochnogo-kalibrovocnog.html> (дата обращения: 01.07.2024)

5. Перевод единиц измерения Жесткости (градусов) воды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://dpva.ru/Guide/GuideUnitsAlphabets/GuideUnitsAlphabets/WaterHardnessConversion/> (дата обращения: 01.07.2024)

6. Калькулятор жесткости воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.mosvodokanal.ru/forpeople/calculator.php> (дата обращения: 01.07.2024).

7. Мансурова С.Е. Школьный практикум Следим за окружающей средой нашего города / С.Е. Мансурова, Г.Н. Кокуева – М.: Владос, 2001. – 112 с.

ВЛИЯНИЕ СБРОСОВ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ Р. ЧУРУК-СУ)

А.С. Волков, Н.Е. Волкова
wolfalex.and.2006@gmail.com

*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Россия*

Одной из основных причин загрязнения поверхностных водных объектов Республики Крым являются сбросы недостаточно очищенных сточных вод, что обусловлено уровнем износа канализационных очистных сооружений (КОС). Это влечет за собой ухудшение экологической обстановки на водных объектах, выступающих приемниками данной категории вод. Подтверждение данного факта нашло отражение в ряде работ крымских исследователей [1–3]. К примеру, в статье «Изучение пространственно-временной трансформации качественного состава вод реки Салгир» авторы при анализе экологического состояния водотока указывают, что в 2018 г. индекс загрязнения воды в реке после места сброса сточных вод с канализационных очистных сооружений (КОС) «Укромное» увеличился с 2,77 до 6,65, то есть вода перешла из разряда загрязненная в очень грязная [3]. Для решения данной проблемы в Крымском регионе начато крупно-

масштабное проведение работ по реконструкции и модернизации канализационных очистных сооружений. Проведение комплексной оценки качества вод поверхностных водных объектов позволяет оценить эффективность реализованных в данном направлении мероприятий и обосновать необходимость дополнительных действий, направленных на оздоровление водной среды.

Цель исследования: оценить влияние сбросов очищенных сточных вод города Бахчисарая на экологическое состояние реки Чурук-Су.

Материалы и методы: в основу выполнения данной работы заложен анализ и обработка данных мониторинговых наблюдений за качественным составом речного стока, осуществляемых специалистами ГАУ РК «Центр лабораторного анализа и технических измерений» (ГАУ РК «ЦЛАТИ») на Чурук-Су. Оценка влияния сбросов очищенных сточных вод на экологическое состояние осуществлялась на основе расчета удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), выполненного в соответствии сРД 52.24.643-2002 [4].

Чурук-Су относится к группе водотоков северного макросклона Главной гряды Крымских гор. Является правым притоком реки Кача. Длина Чурук-Су составляет 11 км, площадь водосбора – 62,5 км². Данный водоток имеет два притока длиной более 5 км [5]. Река Чурук-Су берет свое начало на восточной окраине Бахчисарай, а затем протекает через данный населенный пункт в западном направлении. В данный водоток осуществляется сброс очищенных сточных вод с КОС «Бахчисарай», введенных в эксплуатацию в 1975 г. Проектная производительность канализационных очистных сооружений составляет 7,5 тыс. м³/сут, а техническое состояние классифицируется как удовлетворительное [6]. Согласно распоряжению Совета министров Республики Крым № 1128-рот 9 октября 2017 г. по данному водохозяйственному объекту на 2017-2019 гг. запланировано проведение реконструкции [7], включающей строительство блока доочистки и системы обеззараживания.

Таблица 1

Результаты оценки качества воды р. Чурук-Су

Показатели	Рассчитанные значения			
	2018 г.		2019 г.	
	500 м выше выпуска КОС	500 м ниже выпуска КОС	500 м выше выпуска КОС	500 м ниже выпуска КОС
Коэффициент комплексности	19,1	20,6	10,3	11,8
УКИЗВ	2,9	3,1	1,9	1,7
Число критических показателей загрязненности	0	0	2	1
Класс качества	3а	3б	3а	2
Идентификация состояния	загрязненная	очень загрязненная	загрязненная	слабо загрязненная

В таблице 1 приведены результаты расчета коэффициента комплексности и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды за 2018 и 2019 гг. Данный период был выбран с целью оценить, как повлияло проведение реконструкции КОС «Бахчисарай» на качество воды р. Чурук-Су в 500 м ниже водовыпуска с канализационных очистных сооружений.

К основным показателям, по которым фиксировалось превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) в 2018, 2019 годах, относятся: БПК₅, содержание нитратов и кадмия. Из анализа таблицы 1 видно, что в 2018 г. фиксируется ухудшение качества воды в реке Чурук-Су в 500 м ниже водовыпуска КОС «Бахчисарай», а в 2019 – улучшение. Это свидетельствует о том, что реализованные на канализационных сооружениях мероприятия позволили не только предупредить негативное воздействие сбросов очищенных сточных вод, но и способствовали улучшению экологической обстановки на водотоке. В целом, следует отметить довольно высокий уровень загрязнения воды в 500 м выше водовыпуска КОС. Значительное содержание нитратов (до 1,8 ПДК) и интенсивное биологическое потребление кислорода (до 8,3 ПДК) косвенно свидетельствует о поступлении в водоток неочищенных сточных вод, источниками которых могут выступать неканализованные домовладения г. Бахчисарай, ветхие участки сетей централизованного водоотведения. Устранение данных причин на перспективу будет способствовать дальнейшему оздоровлению городской среды и улучшению экологической обстановки на р. Чурук-Су.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожина Н.С. Мониторинг загрязнения прибрежных акваторий Азово-Черноморского бассейна / Н.С. Кожина, Т.И. Андреев, О.В. Медведев, К.Н. Сомик // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: сборник статей материалов Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 793–796.
2. Иванютин Н.М. Использование сточных вод – экологическая безопасность Крыма / Н.М. Иванютин, Н.Е. Волкова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2021. – № 4. – С. 69–76.
3. Иванютин Н.М. Изучение пространственно-временной трансформации качественного состава вод реки Салгир / Н.М. Иванютин, С.В. Подовалова, Н.Е. Волкова // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 3. – С. 65–71.
4. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – Ростов-на-Дону: РОСГИДРОМЕТ, 2002. – 50 с.
5. Поверхностные водные объекты Крыма. Справочник. – Симферополь: Доля, 2004. – 113 с.
6. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2021 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpPrPviN_1.pdf. (дата обращения: 1.07.2024).
7. Распоряжение Совета министров Республики Крым № 1128-р от 9 октября 2017 г. «О внесении изменений в распоряжение Совета министров Республики Крым от 9 декабря 2016 года № 1562-р» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/446556586>. (дата обращения: 1.07.2024).

АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕК БАССЕЙНА ЛЕНЫ

Р.Г. Джамалов, К.Г. Власов, Т.И. Сафронова, К.Г. Галагур, А.С. Оботуров
Kristina3286@yandex.ru

Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия

В условиях высокого воздействия человека на природные воды, которые являются связующим звеном всех геосфер, остается актуальным вопрос оценки качества природных вод, особенно их химического состава с учетом негативных последствий. Это особенно важно для бассейна Лены, большая часть которого представлена многолетнемерзлыми породами.

Река Лена является одной из крупнейших в России, ее площадь водосбора составляет 2.49 млн. км². Исток реки находится на западном склоне Байкальского хребта, а устье представляет собой обширную дельту, впадающую в море Лаптевых. Реки бассейна Лены относятся к восточносибирский или дальневосточный типу водного режима.

Бассейн реки Лены характеризуется разнообразным набором природных факторов из-за своего географического положения. Одной из уникальных особенностей является наличие многолетнемерзлых пород, которые значительно влияют на гидрологический режим реки и подземных вод.

Для анализа изменений в речном и гидрохимическом стоке в бассейне реки Лены в период с 2010 по 2021 годы использовались данные с 64 гидрохимических постов. Количество гидрохимических измерений в год в различных точках наблюдения и створах для рек Лена, Алдан и Витим изменяется в основном от 6 до 16. Наибольшее количество измерений проводилось для показателей ХПК, БПК₅ и нефтепродуктов в пункте наблюдений п. ст. Хабарова – это 36 измерений в год. Притоки Лены менее изучены, на них проводилось 3-4 измерения в год [1].

Для оценки изменчивости химического стока рек бассейна Лены в качестве методологической основы использован бассейновый подход, рассматривающий речной бассейн как естественную природную сформированную систему. Использование модуля стока химических веществ позволяет сравнивать антропогенную нагрузку на отдельных участках реки с различными объемами водного стока и площадями водосбора.

Модуль водного стока рассчитывался либо интерполяцией между постами при предположении, что величина расхода между постами меняется пропорционально изменению площади водосбора, либо, если в бассейне отсутствовали измерения водного стока, интерполяцией между частными водосборами [2].

В связи с короткими рядами наблюдений за концентрациями (2010–2021 гг.) анализ связи между климатическими факторами и гидрохимическим стоком проводился при осреднении как во времени, так и пространстве. Водосбор Лены был поделен на две области: с преимущественно снеговым и преимущественно дождевым питанием.

Особое внимание уделено пространственно-временному анализу гидрохимических характеристик рек за последнее время в сезонном разрезе с выделением пятилетних интервалов вариаций анализируемых величин.

При анализе карт модуля стока было выявлено, что существует 4 основных участка с повышенным потоком химических веществ в бассейне реки Лены. Это верховья реки и ее притоки до города Олёкминска, участок реки в районе города Якутска, устье реки и бассейн реки Алдан. Остальная часть бассейна реки Лены пока мало изуче-

на с точки зрения гидрохимической информации. Города Вилюйск и Чернышевский не оказывают значительного влияния на состояние воды. В районе города Якутска находится большое количество промышленных и сельскохозяйственных объектов Якутии, что приводит к высокому уровню загрязнения коммунально-бытовых стоков, сбросов с очистных сооружений и ливневых систем. В результате, в этом районе отмечается повышенный модуль стока по всем показателям.

Поступление органических веществ и биогенных элементов связано с разрушением вечной мерзлоты в бассейне и с выносом с болот, расположенных в среднем и нижнем течении реки. Интересно, что сокращение выброса аммонийного азота было зафиксировано в период с 2015 по 2021 годы, вероятно, из-за уменьшения влияния поселений, расположенных в среднем течении реки Алдан (рис. 1).

Устьевая часть реки характеризуется высокими значениями стока всех рассматриваемых химических компонентов, что объясняется как недостатками методики оценки, так и наиболее сильным воздействием глобального потепления на эту часть бассейна [3, 4].

В отличие от температуры, связь осадков с модулем стока почти для всех гидрохимических компонентов является положительной, и она более четко прослеживается для водосборов с преимущественно дождевым питанием. Вынос органических и биогенных веществ с водосбора во время выпадения осадков значительно больше, так как в летний период протаивает больший слой почвы. В основном химические вещества поступают в реку в период спада половодья.

Из анализа гидрохимической информации следует, что состояние рек бассейна Лены немного улучшилось. Загрязнение азотом аммонийным, нитратным и нитритным, нефтепродуктами и соединениями железа уменьшилось (рис. 2, 3).

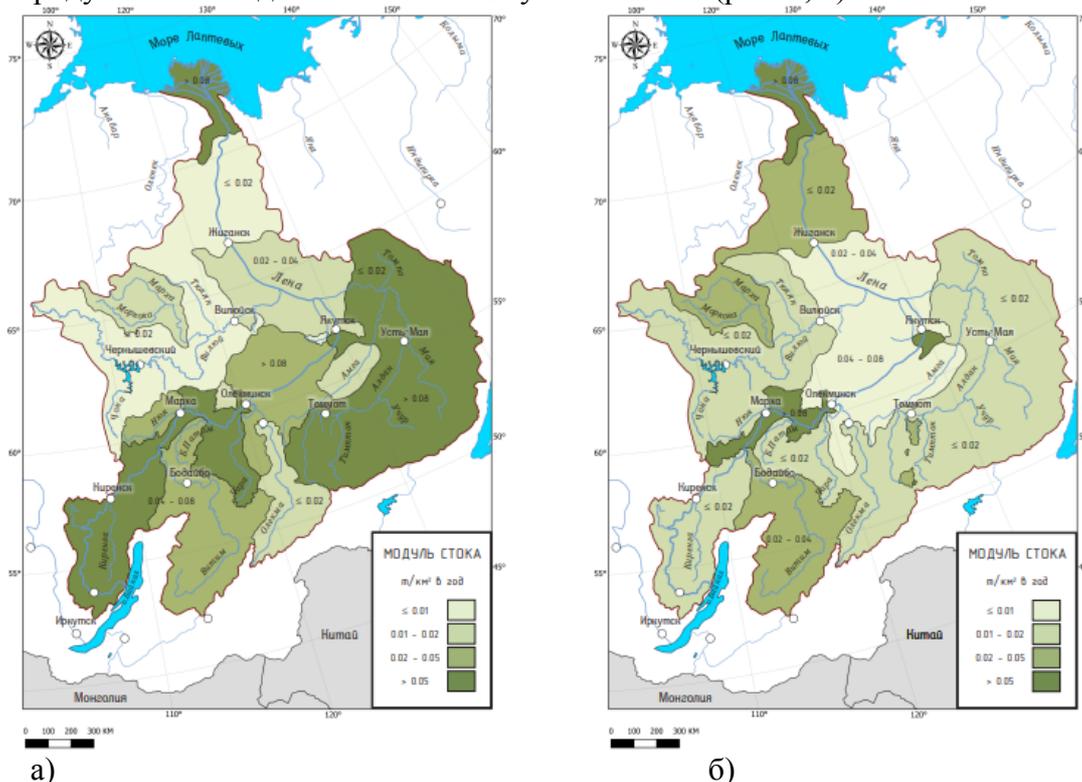
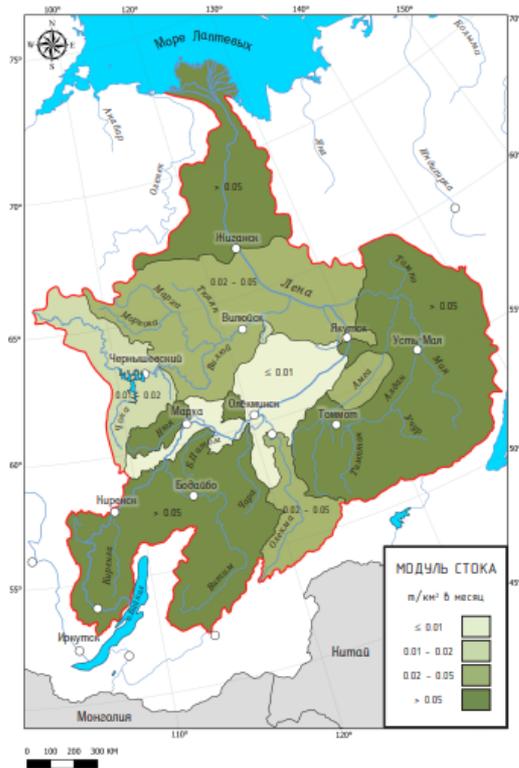
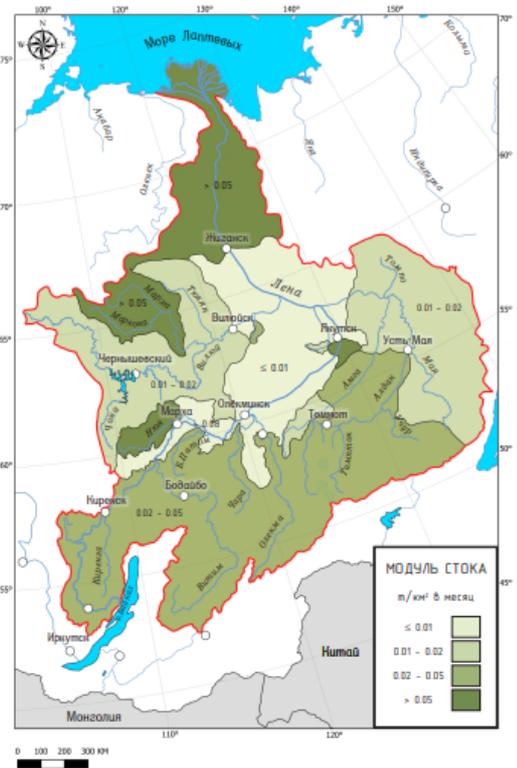


Рис. 1. Среднегодовой модуль стока азота аммонийного за периоды:
 а) 2010-2014 гг.; б) 2015-2021 гг.



а)



б)

Рис. 2. Среднегодовой модуль стока азота аммонийного в весенний период:
а) 2010-2014 гг.; б) 2015-2021 гг.

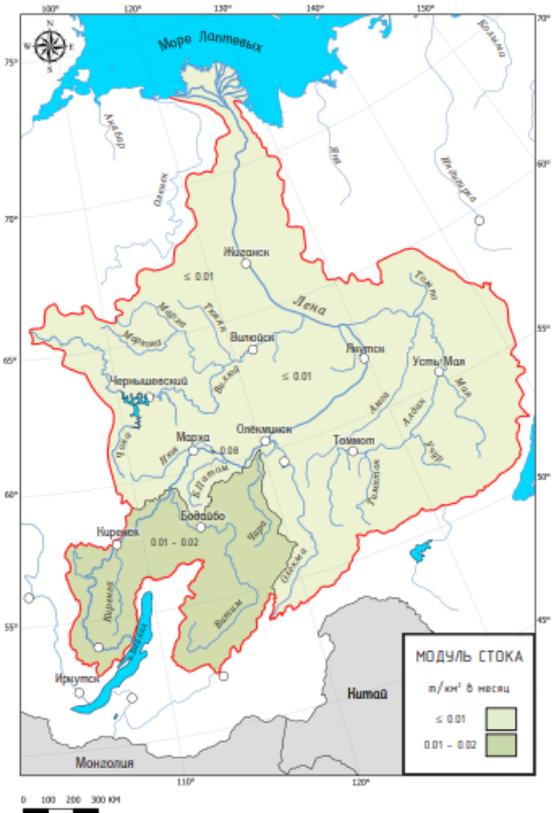
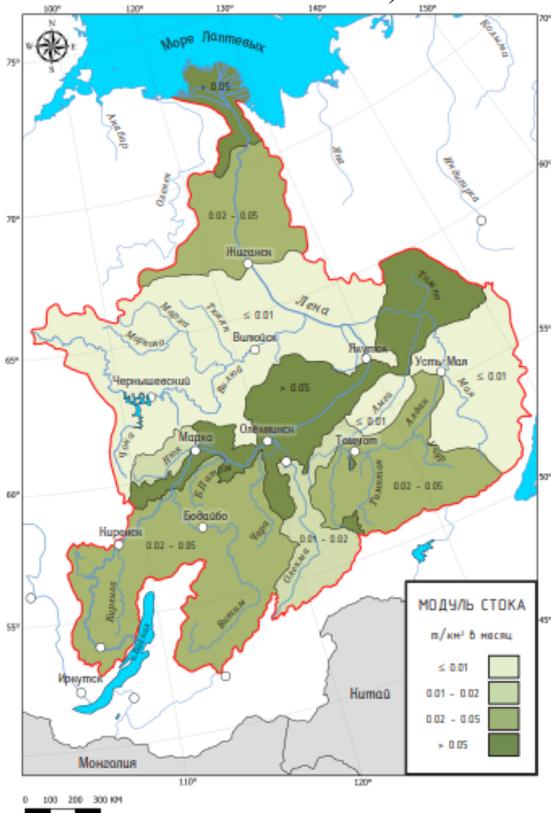


Рис. 3. Среднегодовой модуль стока азота аммонийного в летний период:
а) 2010-2014 гг.; б) 2015-2022 гг.

Однако весной концентрации азота нитратного и нитритного, легко- и трудно-окисляемых органических веществ, соединений железа и меди остались неизменными или даже возросли на некоторых участках.

Выводы.

1. С помощью созданных карт удалось изучить параметры гидрохимического стока на протяжении всего исследуемого периода, а также гидрологических сезонов. Это позволяет сравнивать распределение концентраций различных показателей и модулей химического стока рек бассейна Лены за два периода – 2011-2014 и 2015-2021 гг., а также по сезонам года (весеннее половодье, летне-осенняя и зимняя межень).

2. Выявлены особенности химического состава и тенденции изменения качества воды.

3. Химические показатели позволили оценить не только качество воды, но и определить степень ее загрязненности, источники загрязнения и соответствие требованиям конкретных водопользователей.

4. Выявленные закономерности в трансформации химических потоков на водосборах могут быть использованы при разработке рекомендаций по охране водных ресурсов.

Полный комплект карт по отдельным показателям гидрохимического стока представлен в Атласе гидрохимического стока реки Лены, изданным в 2024 году [1]. Легенда карт раскрывает их содержание и позволяет изучать представленную информацию. Атлас гидрохимического стока рек бассейна Лены может служить справочным и учебным материалом для большинства организаций в области экологии и охраны водных ресурсов.

БЛАГОДАРНОСТЬ. Работа проводилась в рамках научной программы Института водных проблем, проект № FMWZ-2022-0001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрохимический сток реки Лены. Атлас // Под ред. Р.Г. Джамалова, О.С. Решетняк – М.: ИВП РАН, 2024. – 157 с.

2. Джамалов Р.Г., Решетняк О.С., Сафронова Т.И., Власов К.Г., Галагур К.Г., Григорьев В.Ю., Оботуров А.С. Гидрохимический сток рек Европейской части России. Атлас. – М.: ИВП РАН, 2020. – 155 с.

3. Джамалов Р.Г., Власов К.Г., Галагур К.Г., Сафронова Т.И., Григорьев В.Ю., Ефимов В.А., Решетняк О.С., Оботуров А.С. Закономерности изменений модуля химического стока рек бассейна Лены в 2010–2019 годах // Водные ресурсы. – 2023. – Т. 50, № 2. – С. 1-12.

4. Джамалов Р.Г., Власов К.Г., Галагур К.Г., Сафронова Т.И., Решетняк О.С., Оботуров А.С. Анализ пространственно-временной изменчивости гидрохимических компонентов рек бассейна Лены // Вестник Воронежского государственного университета. – 2022. – № 2. – С. 102-110.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЛИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ «ЭМОЦИИ» В ВОДНОМ РЕЖИМЕ РЕК ДОНСКОГО БАССЕЙНА

В.А. Дмитриева
verba47@list.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

В формировании водного режима рек Донского бассейна, расположенном преимущественно в лесостепной и степной зонах на площади 422 000 км² Восточно-Европейской равнины, велико значение природно-климатических факторов. Среди них главенствующую роль играют климатические факторы: атмосферные осадки и температура воздуха. Их изменчивость во времени и пространстве определяет многие природные процессы на земной поверхности, нарушая естественное природное равновесие. Атмосферные осадки – ключевой признак динамики водности речных потоков, мало меняются в многолетнем периоде и не имеют четко выраженной тенденции. Но в текущем столетии в их количестве появляются всплески, которые существенно изменяют режим максимальных расходов воды в реках бассейна Дона [1,5]. Большое количество осадков, значительно превышающее среднее многолетнее значение, выпало в весенне-летний период 2016 года и глубокой осенью 2022 года и изменило типичный вид гидрографа восточно-европейского типа водного режима (рис. 1).

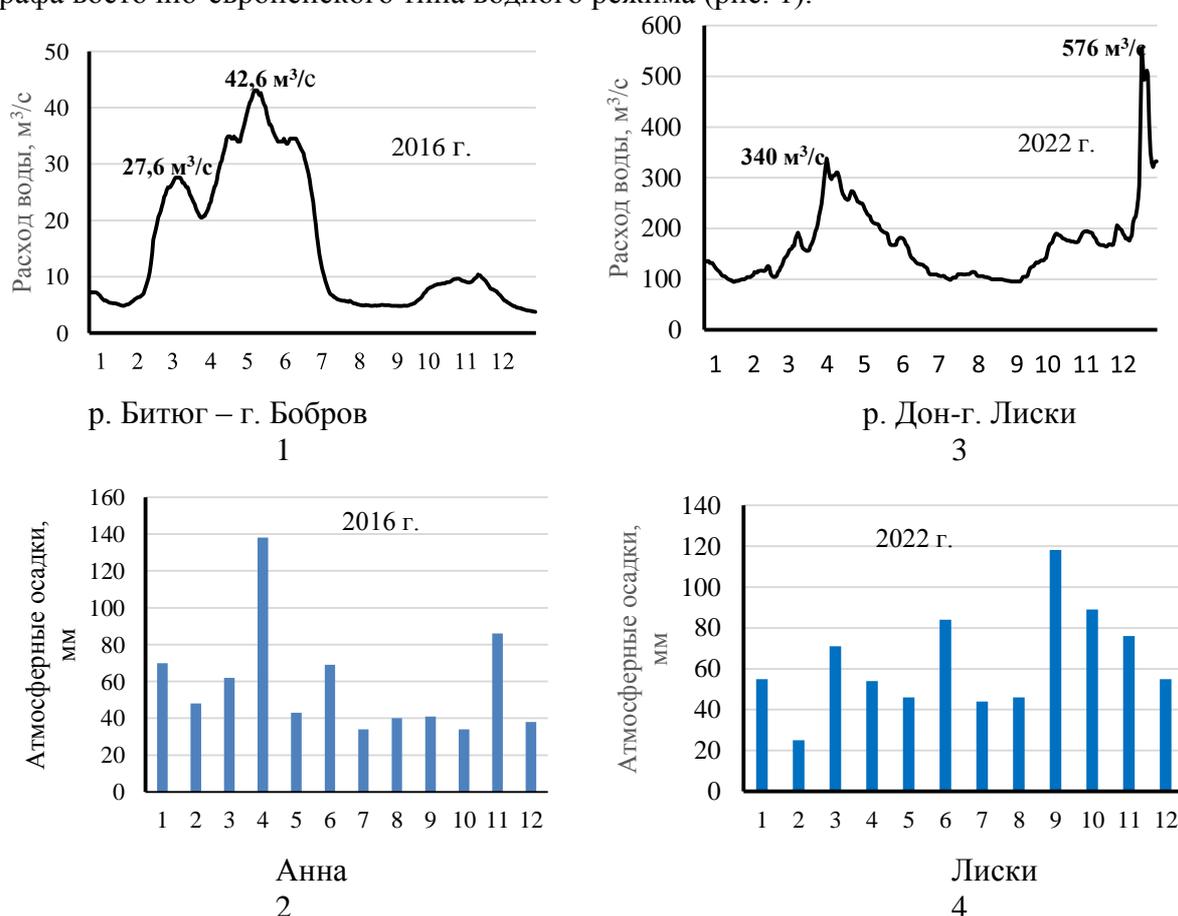


Рис. 1. Совмещенные графики ежедневных расходов воды по гидропостам и среднемесячных сумм осадков по метеостанциям [2]

Восточно-европейский тип водного режима, характеризующийся весенним снеговым половодьем с марта по май при средних сроках прохождения половодья и почти полном отсутствии весенне-летних паводков, был нарушен дважды в текущем столетии. В 2016 году интенсивные дождевые осадки, выпадавшие в течение 4,5 месяцев, сформировали мощный паводок на реках Верхнего Дона в мае-июле (см. рис. 1(1.2)). Паводок наложился на ветвь спада половодья, продлив, с одной стороны, период высокой водности с февраля по июль, а с другой – образовав смешанное снегово-дождевое половодье-паводок. При этом максимальная величина наибольшего расхода воды за данный период времени и в целом за год образовалась от жидкого стока, порожденного паводком. Для средних и больших рек образование годового максимума от дождевого паводка – явление чрезвычайно редкое и не закономерное. Таким образом, в 2016 году гидрологическая «эмоция», как ответная реакция на климатический вызов, придала атипичный ход половодью. Следует, однако, заметить, что в бассейне Верхнего Дона подобная реакция на атмосферную «атаку» наблюдалась не повсеместно. Наиболее четко выраженной она оказалась на р. Битюг-г. Бобров в Воронежской области и существенно слабее на р. Битюг – с. Мордово в Тамбовской области, а также на реках Красивая Меча, Сосна, Воронеж в верховье Дона. Очевидно, дискретность и различная интенсивность, присущая атмосферным осадкам, даже при обложном их характере, вызывает неоднозначную реакцию в режиме стока и формировании волн паводков. На р. Битюг – г. Бобров снегово-дождевое половодье-паводок растянулось по продолжительности на 183 суток. Это аномалия и для данного гидрологического пункта наблюдений, и всего Верходонья.

Нестандартная гидрологическая ситуация сложилась и в бассейне верхнего и среднего течения Хопра. На реке Хопер и ее притоке Ворона в 2016 году половодье началось, также как и на верхнем Дону, в более ранние сроки, чем обычно, а именно, в последней декаде февраля – первой декаде марта. Анализ многолетних дат начала половодья за годы наблюдений показывает, что снеготаяние приходилось на март месяц, с некоторым отклонением по декадам внутри месяца. *Февраль, как месяц начала половодья, – гидрологическая аномалия.*

Также, как и на Дону и его притоках, на реках Хоперского бассейна сформировались два пика максимальных расходов воды: первый – снеговой, во второй декаде марта, и второй – дождевой, в июне, но не на всех рассматриваемых постах. Согласованного хода в формировании максимальных расходов воды не обнаруживается – в гидрографах отмечаются различия в датах образования пиков экстремумов и их приуроченности к различным не только месяцам, но и сезонам года.

Анализ наивысших расходов воды по постам на реках Хопер, Ворона и Савала показывает достаточно широкий временной разброс в датах наступления. Так, в р. Хопер-г. Поворино максимум наступил 25.03, р. Хопер-г. Новохоперск – 19.04 (оба поста расположены на территории Воронежской области на расстоянии 110 км друг от друга); р. Ворона-с. Чутановка – 3.06, р. Ворона – с. Уварово – (оба в Тамбовской области) 13.06, а р. Ворона – г. Борисоглебск (Воронежская область) – 20.04. В р. Савала – г. Жердевка (пост в Тамбовской области на границе с Воронежской областью) максимум отмечен 15.03, т.е., в обычный календарный средний многолетний срок. Таким образом, на площади водосбора р. Хопер до замыкающего створа в Воронежской области, равной 34 800 км², отмечается несогласованность, которую можно отнести к разряду *гидрологической «эмоции».*

В описаниях водного режима рек Верхнедонского бассейна можно обнаружить утверждение, что паводки, образованные дождями, могут быть по времени приурочены

преимущественно к осеннему сезону [3,4]. До 2022 года подобное утверждение было вполне справедливо, так как именно осенние дожди могли сформировать высокую водность и подъемы уровней воды в реках. Продолжительность таких паводков обычно не превышает 10 суток.

Обращаясь к рисунку 1(3,4), можно констатировать, что высокая водность декабря 2022 года формировалась на протяжении всех осенних месяцев. Затяжной характер осенних дождевых осадков постепенно формировал паводок на реках. В р. Дон – г. Лиски наивысший расход воды за год образовался 19 декабря – в конце второй декады зимнего календарного месяца. При средней многолетней величине годовой суммы атмосферных осадков, исчисляемой за 1924-2022 годы и равной для г. Лиски 519 мм, годовая сумма 2022 года составила 724 мм, т.е. на 205 мм превысила среднюю многолетнюю величину. Осадки, выпавшие на поверхность земли преимущественно в сентябре – ноябре составили 37 % годовой суммы. Учитывая снизившийся температурный фон осенних месяцев, затраты на испарение и прочие потери существенно ниже, чем в летние месяцы, в результате чего создались благоприятные условия для формирования значительного паводка. Положительные температуры воздуха ноября и календарного зимнего декабря способствовали быстрому стеканию воды по склонам в русло рек и увеличению их водности. Приходная часть водного баланса превышала расходную, что благоприятно сказалось на формировании нетипичного осеннего паводка на донских реках.

Больше указанного значения годовая сумма осадков отмечена в 1925 году (837 мм) и в 1958 году (744 мм). Режим выпадения осадков в названные экстремально влажные годы отличался от 2022 года. В 1925 году обильными по количеству осадков были июль и август с суммами 195 и 171 мм соответственно, а в 1958 году – июнь и июль со значениями 211 и 105 мм соответственно. Летние осадки, даже очень обильные, не сформировали паводки. Главная причина заключается в том, что летние дождевые осадки затрачиваются на инфильтрацию в почву и испарение при высокой температуре воздуха и сухости почвы в эти месяцы.

Таким образом, можно констатировать, что образованию паводков на донских реках способствует комплекс взаимосвязанных гидрометеорологических факторов, а именно, количество и сезонность выпадения осадков, продолжительность и интенсивность, площадной охват водосбора дождями, температурный фон, состояние почвенного покрова и его влагонасыщенность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.А. Генезис максимумов водности рек и изменчивость водного режима в современный климатический период / В.А. Дмитриева, С.В. Бучик // Водное хозяйство России. – 2016. – № 3. – С. 50-62.
2. Дмитриева В.А. Эколого-хозяйственные риски водопользования в условиях трансформации климата и водного режима / В.А. Дмитриева, С. Хатунгимана // Гидросфера. Опасные процессы и явления. – 2023. – Т. 5, Вып. 3. – С. 264-275.
3. Лурье П.М. Река Дон: гидрография и режим стока. Научное издание / П.М. Лурье, В.Д. Панов. – Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2018. – 592 с.
4. Научно-прикладной справочник: Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации / Ред. В.Ю. Георгиевский. – СПб.: ООО "РИАЛ", 2021. – 190 с.
5. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Научные технологии, 2022. – 124 с.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРУДОВ АННИНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Жигулина, С.В. Калаев
evkand@yandex.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

В настоящее время современное состояние прудов Аннинского района Воронежской области представляет определенную проблему. Большинство из них находятся в запущенном состоянии, с отсутствием регулярного ухода и необходимого обслуживания. Это приводит к постепенному загрязнению воды, образованию водорослей и ухудшению качества водоемов. Кроме того, проведенный анализ современного состояния прудов показал, что большинство прудов Аннинского района Воронежской области деградируют и сокращают свою площадь.

Аннинский район Воронежской области относится к одному из крупных территориальных образований области, его площадь составляет 2090 км², поэтому пруды в этом районе разнообразны по способу сооружения, морфологическим параметрам, режимным характеристикам, расположению в гидрографической сети, хозяйственному использованию и влиянию на прилегающую территорию [2].

Исследуемая территория практически полностью лежит в пределах Битюго-Хоперского физико-географического района лесостепной провинции Окско-Донской низменной равнины и только крайняя западная часть принадлежит Центральному плоскоместному физико-географическому району [4]. На возвышенностях поверхность осложнена разнообразными эрозионными формами (балки, овраги, лощины, суходолы и т.п.), что является хорошими условиями для формирования прудов [3].

В целом физико-географические условия Аннинского района благоприятно влияют на формирование и функционирование прудов, также они играют важную роль для определения состояния прудов. Учет этих особенностей позволит разрабатывать эффективные меры охраны и управления водными ресурсами района, способствуя сохранению биоразнообразия и экологического равновесия в прудах [1].

Нами выполнена характеристика прудов на территории сельского поселения Новая Жизнь Аннинского района Воронежской области, кроме того выявлены основные проблемы. Пруды не имеют официальных названий, местные жители называют их Вторым, Третьим, Степановским и Четвертым прудами. Также в результате полевых исследований были определены морфометрические показатели каскада прудов исследуемой территории (табл. 1).

Первый пруд высох задолго до начала исследований, в настоящее время определить его точное местоположение не представляется возможным.

Второй пруд расположен в южной части поселения, длина водоема на самом протяженном участке составляет 74 метра. По форме относится к линейно-вытянутым, по степени зарастаемости – к сильнозаросшим, по глубине – к мелководным. Пруд имеет достаточно пологие, симметричные (уклон 17-18°), среднепротяженные (1,4–1,6 м) заросшие берега.

Третий пруд также, как и Второй, расположен в южной части села. Пруд имеет сложную форму, площадь водного зеркала превышает таковую Второго пруда. По форме Третий пруд относится к сложным, по степени зарастаемости – к заросшим, по глубине – к мелководным. Берега пруда в верхней и средней части сравнительно пологие

(уклон составляет не более 25°) и протяженные (4,1– 5,4 м), в нижней части – крутые (78–90°) и короткие (0,7–0,9 м). Пологие берега больше подвержены зарастанию и прилегают к мелководным участкам водоема.

Таблица 1

Морфометрические характеристики каскада прудов сельского поселения Новая Жизнь Аннинского района Воронежской области [2]

Показатели \ Название пруда	Второй пруд	Третий пруд	Степановский пруд	Четвертый пруд
Размеры (ширина), м				
в самой протяженной части	74			18
в верхней части		33	31	
в средней части		57	35	
в нижней части		50	33	
Уклон берега, °				
правого	18			20
левого	17			8
В верхней части:				
правого		16	90	
левого		16	90	
В средней части:				
правого		20	90	
левого		25	90	
В нижней части:				
правого		90	25	
левого		78	90	
Длина склона берега, м				
правого	1,6			4,6
левого	1,4			7,0
В верхней части:				
правого		5,4	1,3	
левого		4,1	2,0	
В средней части:				
правого		4,7	2,0	
левого		4,4	2,1	
В нижней части:				
правого		0,7	2,5	
левого		0,9	1,5	

Степановский пруд – самый большой в каскаде. Длина сильно превышает ширину во всех частях. Пруд расположен в западной части населенного пункта. Нижняя (южная) часть водоема пересохла после сооружения плотины, выполняющей роль моста. По глубине Степановский пруд относится к среднеглубоким, по форме – к линейно-вытянутым, по степени зарастаемости – к слабозаросшим. Берега пруда преимущественно крутые (уклон составляет до 90°), кроме левого берега в нижней части (уклон 25°) и

узкие (1,3–2,5 м), на мелководье зарастают рогозом и камышом.

Четвёртый пруд – самый маленький в каскаде, его длина на самом протяжённом участке составляет всего 18 метров, пруд имеет вид удлинённого треугольника. По глубине относится к мелководным, по степени зарастаемости – к сильнозаросшим. Берега пруда несимметричные (уклон составляет 20 и 8°), протяженные (4,6 и 7,0 м, соответственно), сильно заросшие [2].

Изучая пруды Аннинского района, можно сделать вывод, что состояние большинства из них критическое. Многие находятся в стадии зарастания надводной флорой (осока, камыш), уменьшается глубина прудов. Часть прудов выведена из хозяйственной деятельности.

Для улучшения современного состояния прудов Семилукского района следует разработать и реализовать комплекс мероприятий. Также необходимо проводить просветительскую работу среди населения района, чтобы повысить их осведомленность о важности сохранения водных ресурсов. Регулярные образовательные и культурные мероприятия на берегах прудов могут помочь сформировать уважение к окружающей среде и заинтересовать людей в активном участии в ее сохранении. Только совместными усилиями и осознанными действиями можно достичь положительных результатов в сохранении и оздоровлении прудов Аннинского района Воронежской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жигулина Е.В. Использование ландшафтно-географического подхода к анализу устойчивости в районах интенсивного сельскохозяйственного природопользования / Е.В. Жигулина, Л.А. Межова // Астраханский вестник экологического образования. – 2023. – № 4 (76). – С. 40-45.

2. Жигулина Е.В. Характеристика прудов Аннинского района Воронежской области / Е.В. Жигулина, С.В. Калаев // Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования. – Воронеж, 2024. – Вып. 2 – С. 42-45.

3. Михно В.Б. Ландшафтно-экологические особенности водохранилищ и прудов Воронежской области / В.Б. Михно, А.И. Добров. – Воронеж: Воронеж. гос. пед. ун-т, 2000. – 185 с.

4. Мильков Ф.Н. Эколого-географические районы Воронежской области / Ф.Н. Мильков, В.И. Федотов, А.Б. Ахтырцев и др. – Воронеж, 1996. – 212 с.

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С УЧЕТОМ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В.В. Ивченко, Н.В. Маслова
maslovanatvl@mail.ru

*Воронежский государственный университет инженерных технологий,
г. Воронеж, Россия*

Водные ресурсы играют критически важную роль в экосистемах и хозяйственной деятельности человека. Однако антропогенные нагрузки на водные объекты ведут к значительному ухудшению их качества. Особенно остро эта проблема проявляется в регионах с высокой концентрацией промышленных предприятий и плотным населением. В этих условиях очистка сточных вод становится приоритетной задачей для обеспечения

устойчивого водопользования и охраны окружающей среды.

Одним из наиболее эффективных методов очистки сточных вод является сорбция, которая позволяет удалять из водных растворов разнообразные загрязняющие вещества, включая тяжелые металлы, органические соединения и микропластик. Выбор сорбента, обладающего высокой сорбционной способностью и устойчивостью к условиям эксплуатации, представляет собой сложную задачу, требующую учета множества факторов.

Цель работы – определить наилучший вид сорбента для очистки сточных вод, учитывая эколого-географические проблемы водопользования.

Изучены различные виды сорбентов, их эффективность и применимость в зависимости от специфики загрязнений и условий эксплуатации. Особое внимание уделено анализу сорбентов природного происхождения и новейших разработок в области нанотехнологий, которые могут предложить более экологически чистые и эффективные решения для водоочистки.

В Воронежской области это наиболее актуально, т. к. на данной территории расположено большое количество предприятий и заводов, сбрасывающих в водоёмах свои загрязнённые стоки. Это может привести к ухудшению качества воды. Это будет заметно по изменению запаха и цвета. А так же будет видно при анализе изменение концентрации загрязняющих веществ. Для контроля приняты нормы для предотвращения негативного влияния на централизованную систему водоснабжения (табл. 1).

Для устранения загрязнений необходимо воду подвергнуть технической очистки. Существует большое количество методов очистки. Их выбор и конструктивное оформление процесса производится с учётом следующих факторов: санитарные и технологические требования, предъявляемые к качеству очищенных вод с учётом дальнейшего их использования; количество сточных вод; наличие у предприятия необходимых ресурсов, а также необходимой площади для сооружения очистных установок; эффективность процесса обезвреживания.

Одним из самых эффективных и универсальных является метод сорбции. Он заключается в поглощении одного вещества другим. С помощью него можно уменьшить загрязнения от таких производств, как коксохимические, сульфат-целлюлозные, хлороорганические, синтеза полупродуктов, красителей и др. Для обеспечения работы данного метода необходимо использовать ранее упомянутые сорбенты. Их существует большое количество и в совокупности делятся по своей природе на природные и синтетические. Чтобы выявить наиболее эффективный вид для очистки сточных вод был проведен ряд экспериментов. Для этого были взяты пробы из Воронежского Водохранилища с наиболее загрязнённых мест и выбраны образцы природных и синтетических сорбентов (табл. 2).

Образцы воды отбирали из Воронежского водохранилища, в наиболее загрязнённых местах: проба № 1 – точка сброса сточных вод Левобережных очистных сооружений и проба № 2 – на набережной у парка Алые паруса (у Чернавского моста).

С целью изучения сорбционных свойств в цилиндры вместимостью 100 мл пробы воды объемом 50 мл (V), добавляли сорбент массой 0,1 г, с точностью 0,0002 г, перемешивали верхнеприводной мешалкой МХВ-S3500L (Тайвань) и оставляли при $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$ до установления равновесия. Для установления оптимального времени адсорбции выдерживали системы с сорбентами 15 – 175 мин. Предварительно в образцах воды устанавливали исходную концентрацию веществ, определяли по стандартным методикам содержание нитрит-ионов и ионов аммония (C_0). Сорбент отделяли от раствора фильтрацией с применением водоструйного насоса [2].

В полученном фильтрате определяли нитрит-ионы по методике ПНД Ф 14.1:2:4.3-95 «Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса», осно-

ванной на реакции солей диазония, образующихся при взаимодействии нитритов и сульфаниловой кислотой, с 1-нафтиламином. Оптическую плотность (А) растворов сорбата красно-фиолетового цвета измеряли на спектрофотометре UNICO №1201 при 520 нм в кюветах с длиной поглощающего слоя 10 мм [3].

Таблица 1

Максимальные допустимые значения нормативных показателей загрязняющих веществ в сточных водах [1]

Наименование вещества (показателя)	Максимальное допустимое значение показателя и (или) концентрации (по валовому содержанию в натуральной пробе сточных вод)
Химический показатель водорода мг/дм ³	500
Азот общий мг/дм ³	50
Фосфор общий мг/дм ³	12
Нефтепродукты мг/дм ³	10
Хлор и хлорамины мг/дм ³	5
Сульфиды мг/дм ³	1,5
Сульфаты мг/дм ³	1000
Хлориды мг/дм ³	1000
Азот аммонийный мг/дм ³	2
Водородный показатель	6-9
Нитраты мг/дм ³	45
Нитриты мг/дм ³	3,3
Железо мг/дм ³	5
Фосфаты мг/дм ³	500

Таблица 2

Сорбенты, применяемые для извлечение веществ из водных сред

Сорбент	Состав
АК	Сополимер акриламида с акрилатом калия (диаметр гранул 2-3 мм), Агрикола (Китай)
СД	Сополимер акриламида с акрилатом и натрия (диаметр гранул 1-4 мм), Счастливый дачник (РФ)
ДУ	Древесный уголь (размер гранул 1-3 мм), ТЕПЛОМаркет (РФ)
УА	Активированный уголь (таблетки, массой 250 мг), Фармстандарт-Лексредства (РФ)
ПС	Полисорб МП – неорганический, полифункциональный энтеросорбент на основе высокодисперсного кремнезема (размер частиц до 0,09 мкм), Полисорб (РФ)
ДР	Древесина с дерева «Клён» из семейства лиственные

Ионы аммония определяли по методике ПНД Ф 14.1:2:4.262-10 «Методика измерений массовой концентрации ионов-аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера», основанной на взаимодействии NH_4^+ с тетраиодомеркуратом калия в щелочной среде K_2HgI_4 с KOH (реактив Несслера) с образованием нерастворимой в воде соли основания Миллона $[\text{Hg}_2\text{N}]\cdot\text{H}_2\text{O}$, переходящей в коллоидную форму при малых содержаниях ионов аммония. Оптическую плотность (A) растворов сорбата желто-коричневого цвета измеряли на спектрофотометре UNICO №1201 при 425 нм в кюветах с длиной поглощающего слоя 50 мм.

По полученным экспериментальным данным рассчитывали количественные характеристики сорбции нитрит-ионов в статических условиях. Степень извлечения (R , %) и сорбцию (a_p , мг/г) вычисляли по уравнениям (1, 2):

$$R = 100 \cdot (c_0 - c) / c_0, (1)$$

$$a_p = [(c_0 - c) \cdot V] / m, (2)$$

где c_0 и c – концентрации определяемого соединения в исходном растворе до и после сорбции соответственно (мг/л); V – объем раствора нитрит-ионов (мл); m – масса сорбента (г).

В таблице 3 приведены результаты определения состава в образцах сточных вод, отобранных из Воронежского водохранилища.

Таблица 3

Результат анализа воды Воронежского Водохранилища до сорбции

№ пробы	Концентрация, $C_{\text{до сорбции}}$, мг/дм ³								
	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	Cl^-	Fe^{3+}	Минерализация	ХПК
1	70,27	0,10	1,29	0,037	5,36	620,38	0,70	399,75	1250
2	55,14	0,06	1,04	0,029	4,40	531,75	0,66	337,25	500

Далее в отобранные пробы добавляли образцы сорбентов и перемешивали верхнеприводной мешалкой MXB-S3500L (Тайвань) и оставляли при $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$ до установления равновесия. Для установления времени сорбцию из растворов проводили в интервале 15 – 175 мин. Сорбент отделяли от раствора с применением водоструйного насоса.

После отделения растворы анализируют на определение концентрации нитратов, нитритов, ионов аммония, фосфатов, сульфатов, хлоридов, ионы железа и минерализацию.

Определение нитрит-ионов осуществлялось по методикам ПНДФ 14.1:2:4.3-95 Природная вода. Методика измерения массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса. Результаты представлены в таблице 4.

Определение нитрат-ионов производилось по стандартной методике ПНД Ф 14.1:2:4.3-95 Природная вода. Методика измерения массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой. Результаты представлены ниже в таблице 5.

Таблица 4

Определение концентрации нитрит-ионов в растворах после сорбции, а также показатели степени извлечения (R , %) и сорбции (a_p , мг/г).

Сорбенты	$C_{\text{после сорбции}}, \text{мг/дм}^3$		Степень извлечения, $R, \%$		Сорбция, $a_0, \text{ммоль/см}^3$	
	1	2	1	2	1	2
№ пробы						
АК	0,000	0,000	99,89	99,97	0,440	0,490
СД	0,005	0,004	65,12	53,20	0,017	0,021
ДУ	0,010	0,010	10,40	13,34	0,002	0,004
УА	0,010	0,010	5,06	5,49	0,010	0,012
ПС	0,001	0,002	77,04	88,97	0,094	0,085
ДР	0,009	0,008	4,554	4,392	0,009	0,0096

Таблица 5

Определение концентрации нитрат-ионов в растворах после сорбции, а также показатели степени извлечения (R , %) и сорбции (a_p , мг/г)

Сорбенты	$C_{\text{после сорбции}}, \text{мг/дм}^3$		Степень извлечения, $R, \%$		Адсорбция, $a_0, \text{ммоль/см}^3$	
	1	2	1	2	1	2
№ пробы						
АК	0,016	0,020	90,24	87,80	0,730	0,725
СД	0,035	0,060	78,66	63,41	0,288	0,229
ДУ	0,010	0,016	93,90	90,24	1,272	1,207
УА	0,001	0,007	99,39	95,73	0,099	0,080
ПС	0,079	0,094	51,83	42,68	0,849	0,468
ДР	0,086	0,057	56,6	80,55	0,851	0,285

Определение ионов аммония проводилось по ПНД Ф 14.1:2:3.1-95 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. Результат представлен в таблице 6.

Исходя из полученных результатов, можно сделать выводы, что все сорбенты, эффективны в извлечение азотосодержащих ионов из сточной воды, т. к. они обладают высокими показателями степени извлечения, что помогает им уменьшать концентрацию и влияние на окружающую среду загрязняющих веществ. А при попадании этой воды в централизованную систему водоснабжения, минимализирует вред человеческому здоровью при употреблении.

Таблица 6

Определение концентрации нитрат-ионов в растворах после сорбции, а также показатели степени извлечения (R , %) и сорбции (a_p , мг/г).

Сорбенты	С _{после сорбции} ³ мг/дм		Степень извлечения, R, %		Адсорбция, a _с , ммоль/см ³	
	1	2	1	2	1	2
АК	0,915	0,864	33,78	38,28	0,87	0,93
СД	0,851	0,793	28,83	32,73	0,57	0,63
ДУ	1,107	0,967	13,82	24,77	0,27	0,22
УА	1,223	1,196	4,82	6,92	0,23	0,17
ПС	1,208	1,163	5,05	5,00	0,01	0,01
ДР	1,254	1,239	5,24	5,33	0,01	0,011

Важно отметить, что выбор сорбента и условий проведения процесса очистки играет ключевую роль в достижении оптимальных результатов. Также необходимо учитывать экономическую и экологическую целесообразность выбранного метода очистки.

Дальнейшие исследования в этой области могут включать более глубокий анализ влияния различных параметров на эффективность сорбционного процесса, а также разработку новых сорбентов с улучшенными свойствами очистки сточных вод от азотосодержащих соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Контроль сточных вод [Электронный ресурс] росводоканал. / Воронеж. – Режим доступа: <https://водоканалекб.рф/kontrol-stochnyh-vod/> (дата обращения: 25.06.2024).
2. Маслова Н.В., Кочетова Ж.Ю., Суханов П.Т., Змеев А.В. Исследование кинетики набухания гидрогелей на основе сополимеров акриламида и акрилата калия (натрия) // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2022. – Т. 65, Вып. 3. – С. 27-34.
3. Маслова С.С., Маслова Н.В., Рудыка Е.А., Суханов П.Т. Сорбция нитрит-ионов из водных растворов гидрогелями на основе акриламида и акрилата калия // Материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых, посвященной памяти д.х.н. В.В. Лукова. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2022. – С. 209-211.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ДАШБОРДОВ (НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРОДА БРЕСТА)

А.А. Игнатчук, О.В. Токарчук
angelokbrest@gmail.com

*Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, г. Брест,
Республика Беларусь*

В современных условиях наблюдается существенное антропогенное воздействие на все виды водных объектов. Наиболее значимым воздействием отмечаются городские

территории, для которых характерна высокая плотность застройки, качественно преобразованная поверхность территории, большое количество потенциальных источников загрязнения. В городских исследованиях изучается состояние разных компонентов природы: атмосферы, гидросферы, почвенного покрова и др. Если рассматривать данные работы в целом, то публикаций, посвященных оценке качества городских водных объектов достаточно много. Среди научных исследований большое внимание уделяется как состоянию поверхностных [1], так и подземных вод [2].

Несмотря на значительное количество проводимых гидроэкологических исследований в городах, и учитывая тот факт, что исследования являются пространственно-ориентированным и их результаты лучше всего отображаются на карте, ГИС-технологии используются недостаточно. Таким образом, работы, направленные на изучение экологического состояния водных объектов города с использованием ГИС-технологий являются весьма актуальными.

Для создания подобных ГИС-продуктов можно пользоваться конструкторами картографических веб-приложений, с помощью которых можно создавать дашборды и любые другие интерактивные ГИС-продукты. На основании опыта эколого-гидрологических исследований, а также опыта создания электронных продуктов, были рассмотрены возможности создания эколого-гидрологических дашбордов для территории крупного города (на примере Бреста).

ArcGIS Dashboards – это визуальный веб-конструктор дашбордов, который объединяет веб-карты, графики, текст и другие способы отображения ключевых показателей эффективности. Такой способ представления данных помогает легче воспринимать информацию, значительно упрощает процесс принятия решений. Данный веб-конструктор интегрируется с геоинформационными данными, что позволяет анализировать события и тренды на карте, а также отслеживать ключевые показатели производительности, ресурсы и события в реальном времени.

Основным преимуществом ArcGIS Dashboards является гибкость и работа в режиме «конструктора», данное приложение позволяет «собирать» дашборд из любого количества частей необходимых для исследователя элементов конструктора. В настоящее время в конструктор ArcGIS Dashboards включено 11 базовых элементов.

Основой для выполнения геоинформационных дашбордов является интерактивная картографическая база данных (рис. 1), которая реализована с использованием возможностей облачной платформы картографирования ArcGIS Online. Данные карты расположены в сети Интернет, картой подложкой их является Openstreetmap, к картам привязана таблица, включающая основные данные по содержанию загрязняющих веществ, как поверхностных, так и подземных вод Бреста (название, шифр, местоположение, категория, тип, датирование) и настроено всплывающее окно, которое позволяет увидеть информацию по отдельному объекту.

Дашборд «Загрязнение поверхностных вод города Бреста» построен на основании изучения содержания в разных типах (реки, каналы, озера, пруды) поверхностных вод нитратов и фосфатов. Всего на настоящий момент было проанализировано 35 образцов. Однако, выполненный дашборд постоянно обновляется за счет получения новых образцов и их анализа (рис. 2).

Дашборд «Загрязнение поверхностных вод города Бреста» включает в себя шесть из одиннадцати элементов конструктора ArcGIS Dashboards. Это разные по стилю и содержанию элементы, но они все связаны как с первичной базой данных, так и между собой:

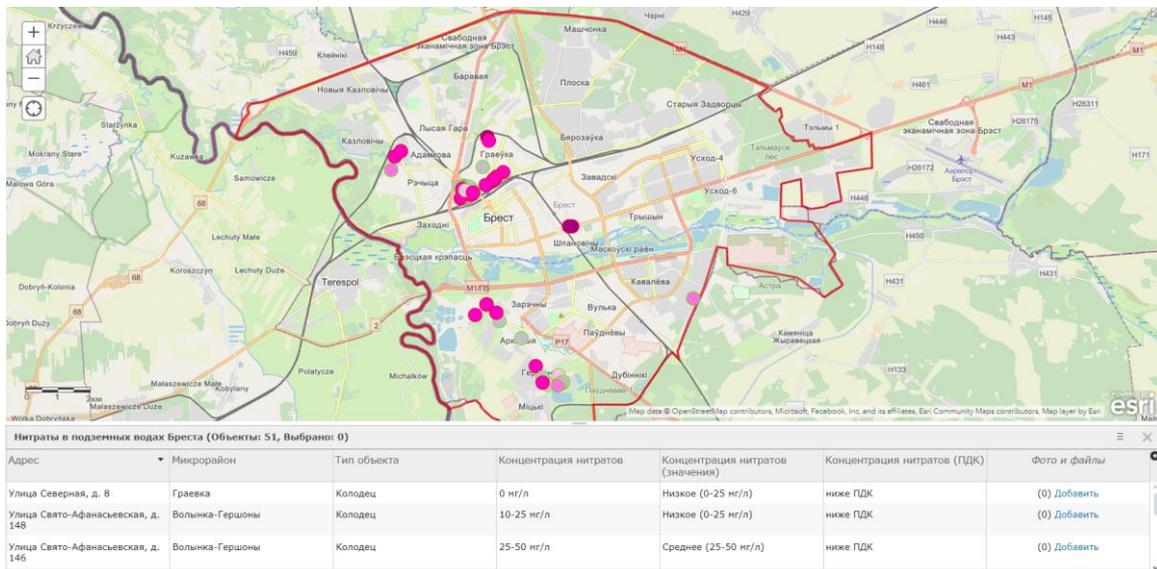


Рис. 1. Картографическая база данных «Нитраты в подземных водах города Бреста»

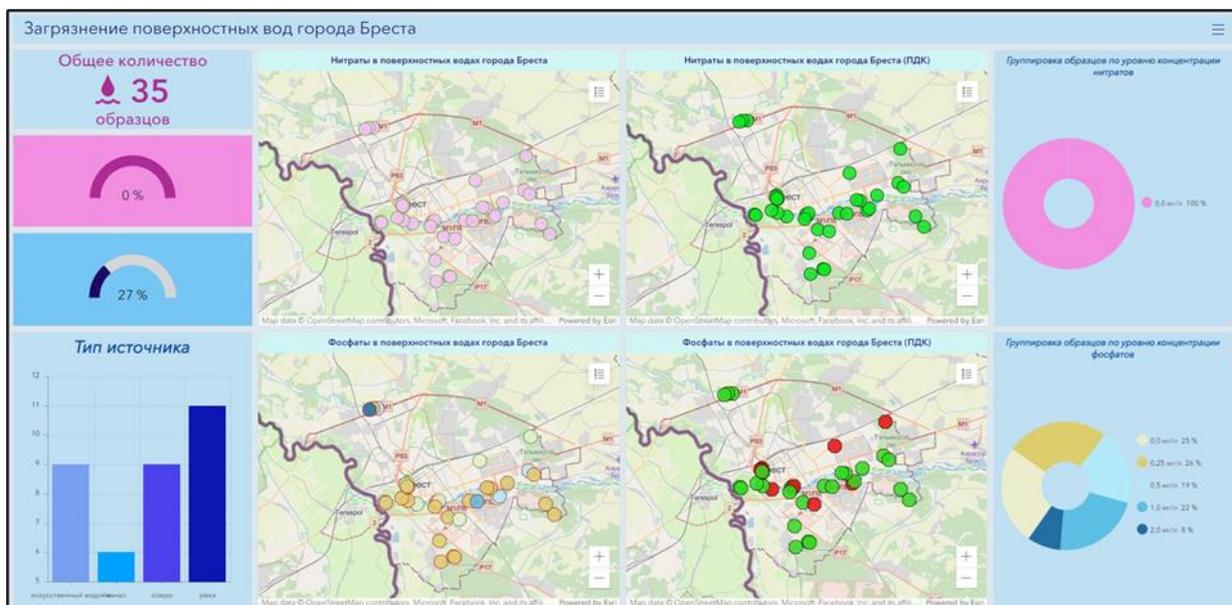


Рис. 2. Дашборд «Загрязнение поверхностных вод города Бреста»

1. *Заголовок* расположен в верхней части системы.
2. *Интерактивные карты* – это главный элемент дашборда. На панели размещены четыре интерактивные карты, две из которых отображают полученные результаты уровня содержания нитратов и фосфатов в поверхностных водах города, две другие отображают распределение полученных результатов по уровню концентрации нитратов и фосфатов согласно ПДК (ниже ПДК или выше ПДК). Ко всем четырем картам добавлена возможность открыть легенду.
3. *Счетчик* – это элемент, который отображает общее количество отобранных образцов. При добавлении в базу данных новых результатов значения счетчика будет увеличиваться.
4. *Датчики* – это графические элементы в виде полукольца, которые настроены та-

ким образом, чтобы отображать количество (в процентах от общего) образцов поверхностных вод, которые по содержанию нитратов и фосфатов превышают ПДК.

5. *Круговые диаграммы* связаны с картой содержания нитратов и фосфатов и отображают группировку образцов по уровню концентрации данных загрязняющих веществ.

6. *Столбиковая диаграмма* с данным дашборде отображают общее количество образцов нитратов и фосфатов из разных типов источников. Все элементы дашборда имеют возможность развернуть их на весь экран.

При составлении дашборда большое внимание уделялось настройке его внешнего вида (рис. 3). В частности, были подобраны цвета самой панели, цвета шрифтов, фона диаграмм и других элементов к общей системе, сочетающейся с интерактивными картами и самим объектом исследования.

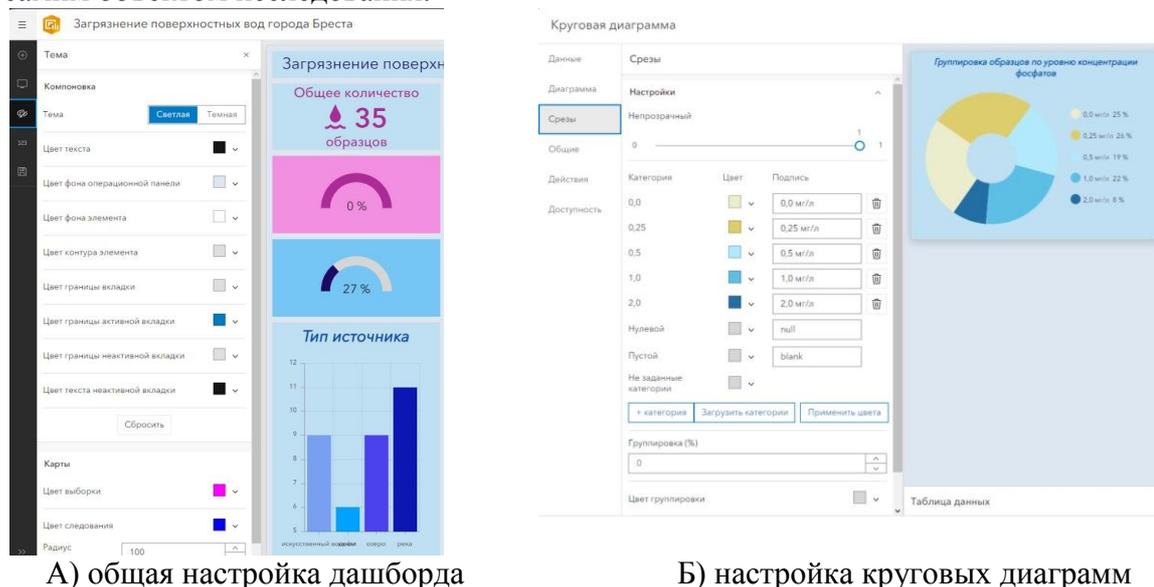


Рис. 3. Настройка внешнего вида дашборда

Дашборд «Нитраты в подземных водах города Бреста» построен по аналогичной методике и отображает результаты оценки загрязнения нитратами подземных вод (рис. 4). Дашборд также построен на основании собственных полевых исследований. Образцы воды отбирались из колодцев и колонок в частном секторе, а также из родников.

Данный дашборд включает семь элементов конструктора ArcGIS Dashboards.

Во-первых, также был создан *заголовок*, расположенный в верхней части дашборда.

Во-вторых, две *интерактивные карты*, на которых отображены полученные данные по содержанию нитратов в подземных водах города в двух вариантах. Первый вариант – интерактивная карта сгруппированных мест отбора по значениям с тест-системы, которая использовалась при исследовании образцов, а вторая – группировка по уровню концентрации нитратов в воде на три уровня (низкий, средний и высокий). Имеется возможность открыть легенду.

В-третьих, на интерактивную панель добавлен элемент *счётчик*, который отображает общее количество изученных образцов. Список связан с обеими интерактивными картами.

Далее в дашборд был добавлен *датчик* (в виде графического элемента «подкова»), который настроен таким образом, чтобы отображать количество колодцев (в процент-

ном соотношении) с превышением содержания нитратов по ПДК.

Пятым элементом конструктора является *круговая диаграмма*, на которой отображена группировка образцов по уровню концентрации нитратов (низкая, средняя, высокая).

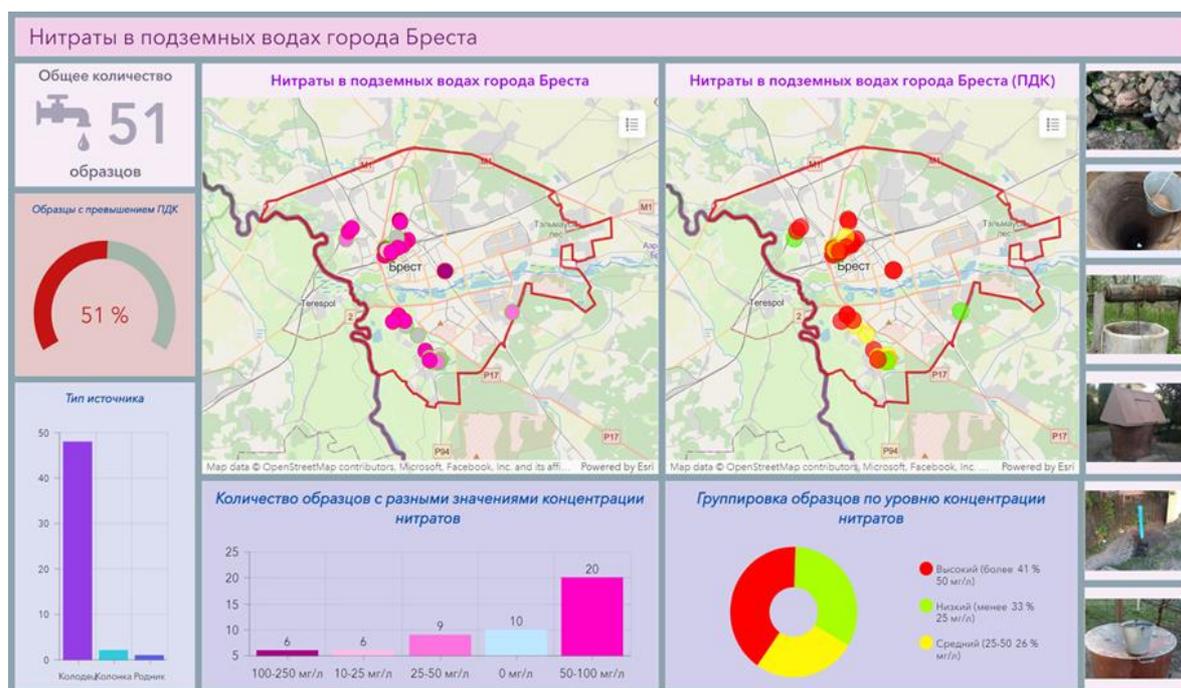


Рис. 4. Дашборд «Нитраты в подземных водах города Бреста»

Шестой компонент представлен *столбиковыми диаграммами*, показывающие количество образцов с разными значениями концентрации нитратов, а также общее количество образцов из разных источников. Круговые и столбиковые диаграммы размещены непосредственно под картой, к которой относятся.

Завершающим элементом являются *встроенные ресурсы*, которые позволяют показывать фотографические изображения мест отбора образцов.

Все элементы дашборда имеют возможность развернуть их на весь экран.

Таким образом, картографические дашборды являются эффективным методом систематизации экологической информации, полученной в результате полевых исследований, а также ее визуализации с использованием как картографических, так и графических и иллюстративных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов Д.В. Применение ГИС технологий для исследования водосборов малых рек г. Новосибирска / Д.В. Панов, О.В. Спиренкова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2017. – № 1-2. – С. 197-199.

2. Шанина Е. В. Оценка состояния подземных вод города Минусинска / Е.В. Шанина, А.С. Перфильева // Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2016. – № 2-3(61). – С. 29-32.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (№ госрегистрации 20240573 от 17.04.2024)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО ДОНА

А.Г. Корнилов¹, А.А. Корнилов¹, В.В. Киселев²
kornilov@bsu.edu.ru

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

²Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия

В предыдущих обзорах экологической ситуации на реках ЦЧР по данным Росгидромета [1, 2] мы неоднократно комментировали перечень выявленных природоохранных проблем [3, 6]. Детальный анализ закономерностей формирования гидроэкологической ситуации в регионе КМА изложен в работах белгородских исследователей [4, 5, 7].

Чаще всего качество водных ресурсов в реках ЦЧР очень низкое, регулярно наблюдаются превышения нормативов содержания загрязняющих веществ по многим ингредиентам, в частности по показателям ХПК, БПК, соединениям азота, нефтепродуктам, меди, железу, сульфатам и т.д. [3,4,6], вода по классам качества чаще всего бывает от «загрязненной» или «очень загрязненной» до «грязной». Реже, в Курской и Брянской областях, частично в Липецкой области наблюдаются классы качества от «слабо загрязненной» до «загрязненной». Ещё реже наблюдается класс качества воды «условно чистой» для фоновых створов р. Свапа, р. Лесной Воронеж, причем, не каждый год [2].

Аналогично складывается картина и в отношении Верхнего Дона (до южных границ Воронежской области [1]). Пространственная картина результатов мониторинга 2021-2022 г. по показателям УКИЗВ (удельная величина комбинаторного индекса загрязненности воды) показывает тенденции ухудшения качества воды в ЦЧР с одной стороны с запада и северо-запада на юг и юго-восток, с другой стороны, в результате воздействия крупных селитебно-промышленных центров. В частности, на протяжении р. Дон, по мере перемещения с севера на юг, гидроэкологическая ситуация также постепенно ухудшается как для фоновых створов около городов, так и для соответствующих постселитебных створов (рис 1-3). На данных рисунках показана ситуация для р. Дон около небольших городов Данков и Лебедянь Липецкой области, далее – около г. Воронеж.

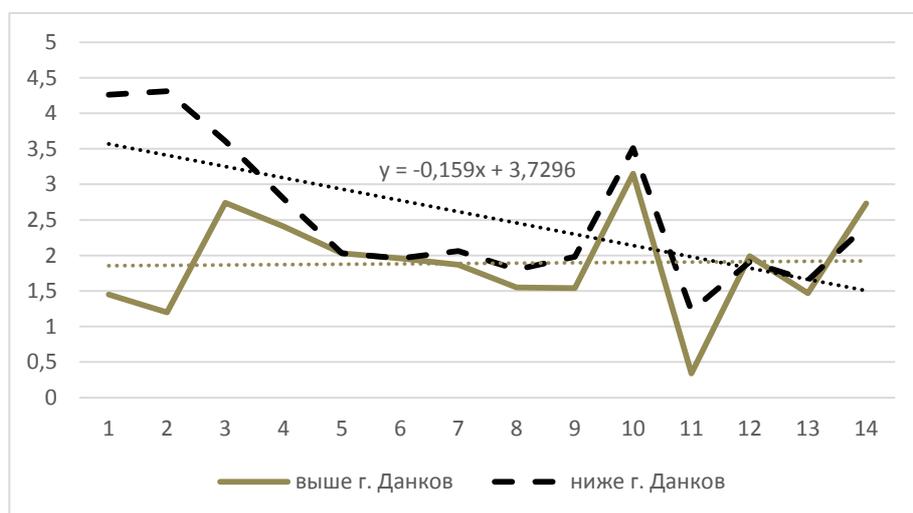


Рис. 1. Динамика экологической ситуации на р. Дон около г. Данков

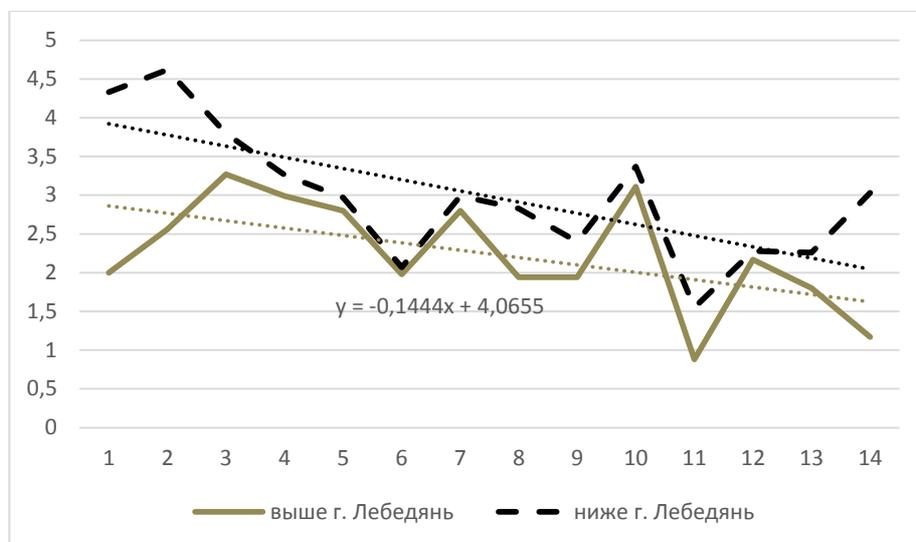


Рис. 2. Динамика экологической ситуации на р. Дон около г. Лебедянь

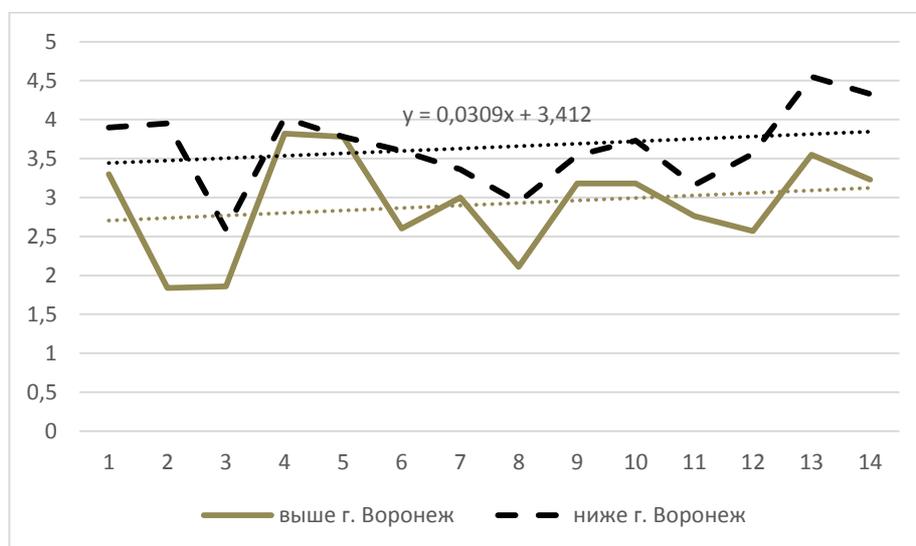


Рис. 3. Динамика экологической ситуации на р. Дон около г. Воронеж

На следующих рисунках (рис. 4-9) показана пространственная динамика показателей содержания контролируемых веществ по створам наблюдения за 2022 год. Нумерация створов по Росгидромету следующая: 1. Данков фон; 2. Данков в черте г.; 3. Данков ниже города; 4. Лебедянь фон; 5. Лебедянь, ниже 14км; 6. Задонск фон; 7. Задонск ниже 28км; 8. Воронеж фон (выше с. Семилуки); 9. Воронеж у с. Малышево; 10. Нововоронеж фон; 11. Нововоронеж ниже; 12. Лиски фон; 13. Лиски в черте города; 14. Павловск фон; 15. Павловск ниже; 16. с. Новая Калитва.

Приведенные графики показывают следующее.

Показатели основных загрязняющих веществ закономерно увеличиваются под влиянием крупных селитебно-промышленных центров, хотя по некоторым из них наблюдаются и процессы самоочищения воды. Наблюдается определенная динамика по компонентам, имеющим существенный вклад со стороны естественных природных ис-

точников (сульфаты, кремний, железо и др.).

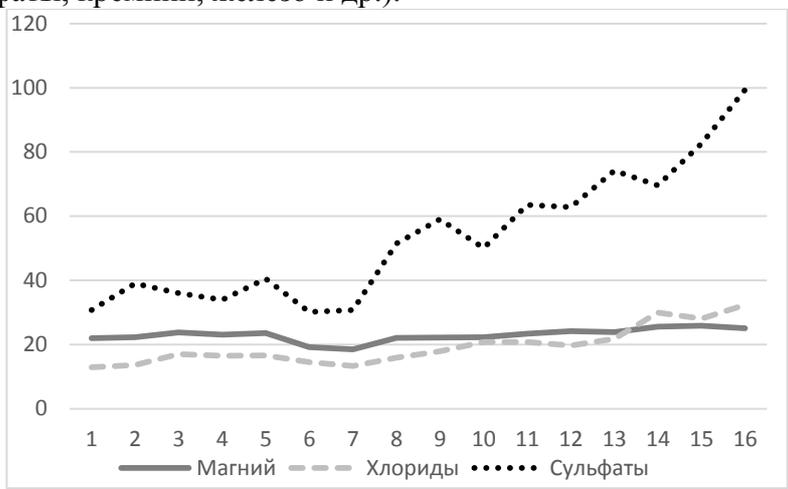


Рис. 4. Динамика магния, хлоридов и сульфатов

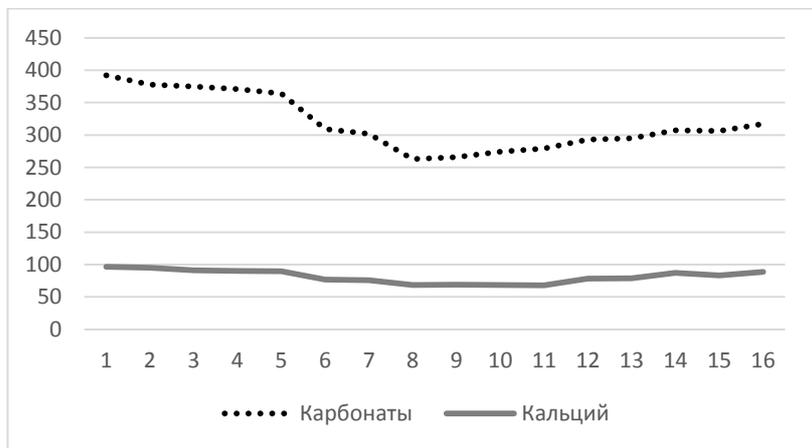


Рис. 5. Динамика карбонатов и кальция

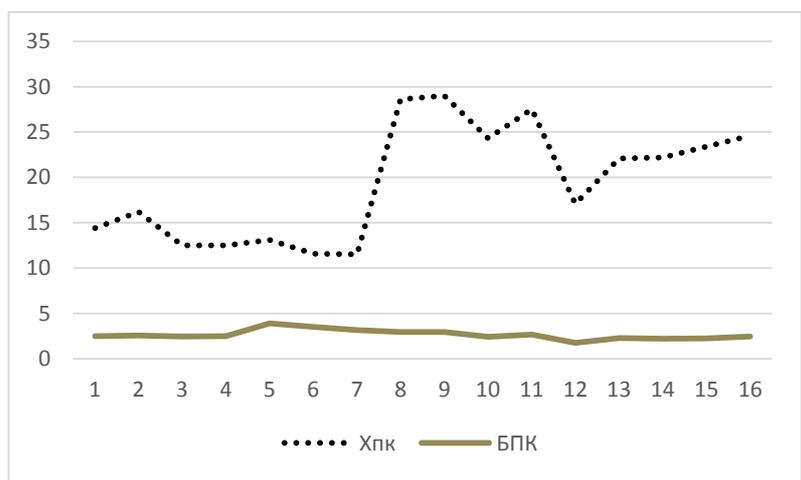


Рис. 6. Динамика ХПК и БПК

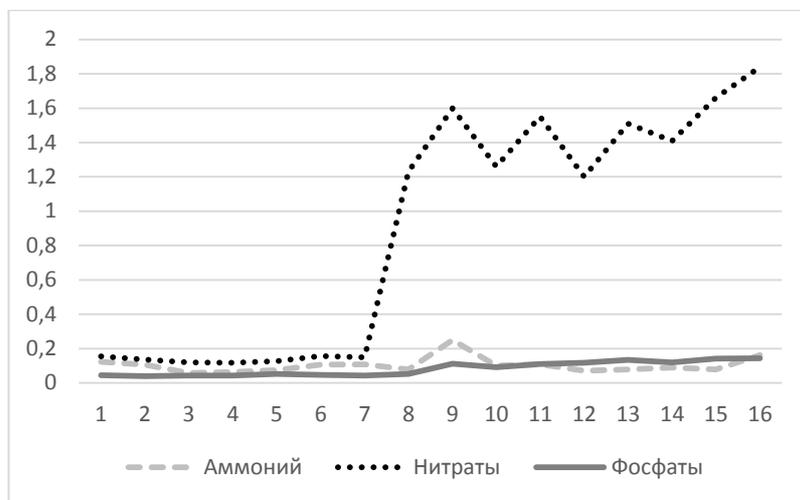


Рис. 7. Динамика аммония, нитратов и фосфатов

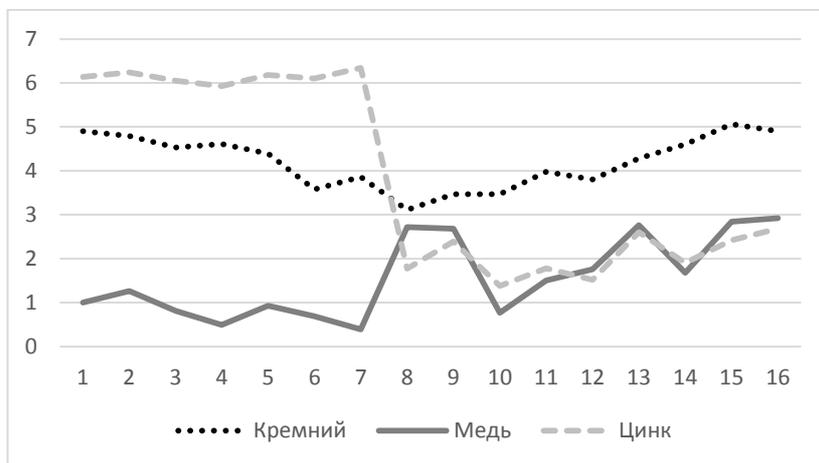


Рис. 8. Динамика кремния, меди и цинка

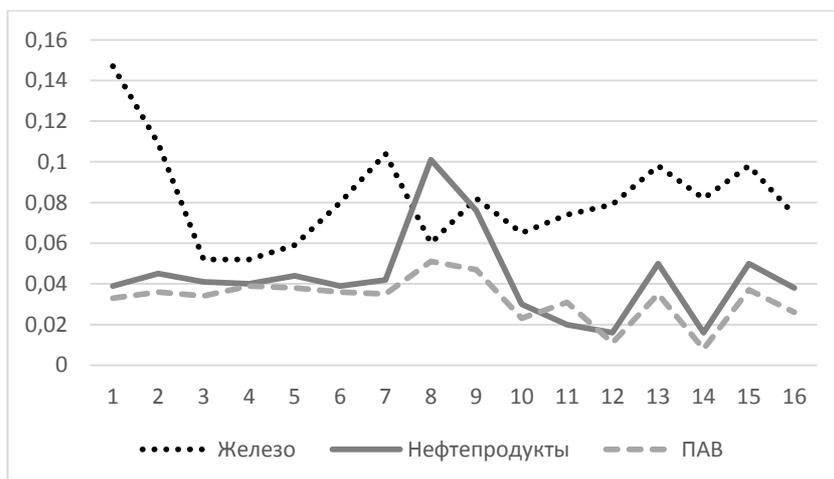


Рис. 9. Динамика железа, нефтепродуктов и ПАВ

Из года в год показатели загрязнения вод изменяются в зависимости от гидрологической обстановки, но в целом за многолетний период по разным створам реки Дон ситуация имеет разнонаправленный характер и, если ближе к верховью имеет место тенденция улучшения экологической ситуации, то рядом с г. Воронеж мы наблюдаем слабо выраженную тенденцию к ухудшению, что ситуативно говорит о недостаточности усилий, прикладываемых не только водопользователями, но и органами регионального управления водопользованию, а также областными администрациями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.А. Современные изменения водного режима и морфометрии рек Верхнедонского бассейна // Известия РАН. Серия географическая. – 2020. – № 1. – С. 103–113.
2. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохраных мероприятий по территории деятельности ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» за 2021 г. (за 2022 г.). – Курск, 2022, 2023.
3. Корнилов А.А., Корнилов Ал.Г., Корнилова Е.А. Современная гидроэкологическая ситуация на территории Центрально-Черноземного региона // Эколого-социальный менеджмент агропромышленных ландшафтов: сборник материалов молодежной научно-практической конференции, Белгород, 24-27 мая 2023 г. – Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2023. – 96 с.
4. Корнилова Е.А. Динамика гидроэкологической ситуации рек в районах размещения горнорудных предприятий КМА: дис. канд. геогр. наук: 1.6.21 / Е.А. Корнилова. – Белгород, 2023. – 155 с.
5. Корнилова Е.А., Колмыков С.Н., Дорошенко М.В. Гидрохимическая характеристика поверхностных и подземных водных объектов Старооскольско-Губкинского месторождения // Геология, география и глобальная энергия. – 2020. – № 2. – С. 110-117.
6. Курепина В.А., Киселев В.В., Корнилов А.Г. Геоэкологические аспекты развития современного животноводства на территории Алексеевского и Красногвардейского районов Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2019. – 43 (4). – С. 425–437.
7. Impact Monitoring of Mining Enterprises of Kursk Magnetic Anomaly on Hydro Ecological River Situation of the Belgorod Region / A.G. Kornilov, S.N. Kolmykov, M.A. Petina [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – Vol. 6(4). – P. 123-127.

АНАЛИЗ АККУМУЛЯЦИИ КСЕНОБИОТИКОВ В ВОДНОЙ И ОКОЛОВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМАХ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ю.С. Кохан, Е.Ю. Иванова
kohanris@gmail.com

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Проблема загрязнения поверхностных вод имеет особое значение. В данном случае загрязнения означают любые изменения свойств воды (химических, биологических, физических) в водоемах. В связи с этим пресная вода превращается в негодную для питья, использования в сельском хозяйстве, для купания, использования в промышленности. И с каждым годом пресные воды становятся только загрязненнее .

Промышленные и коммунальные предприятия города Воронеж сбрасывают в водохранилище сточные воды, очищенные в недостаточной мере, которые становятся основными загрязнителями данного водоёма. Основными источниками загрязнения являются недостаточно очищенные сточные воды очистных сооружений, предприятия «Воронеж-синтезкаучук», который составляет до 30 % массы загрязнений, а также недостаточно развитая система ливневой канализации.

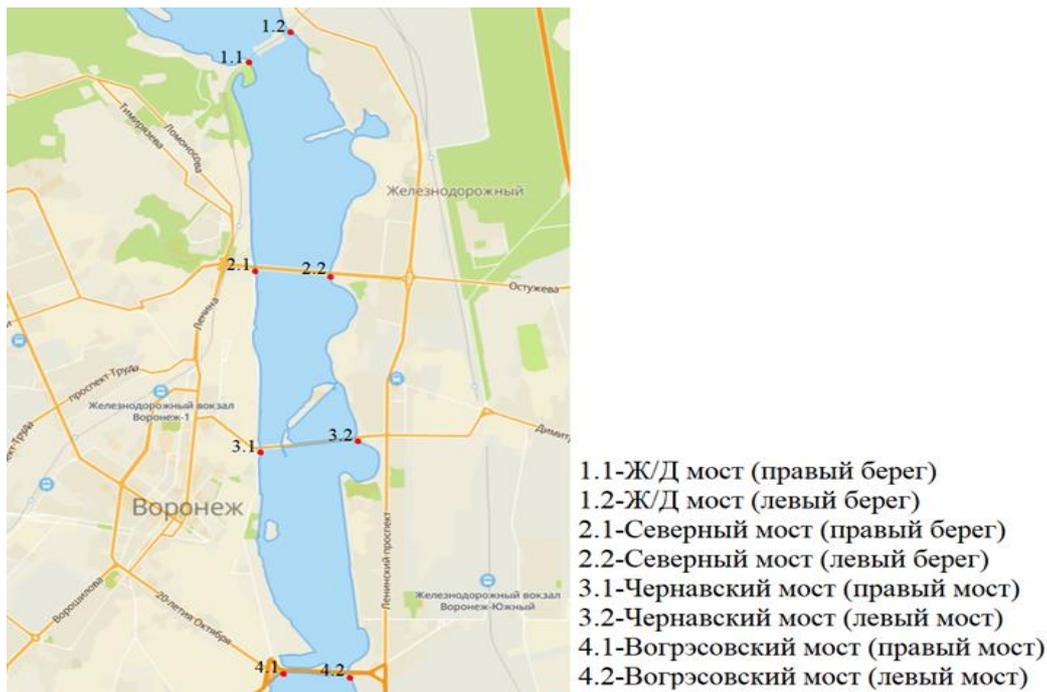


Рис. 1. Точки отбора проб

Пробы, для оценки качества вод, были отобраны в районе мостов, на правом и левом берегах Воронежского водохранилища. Всего было отобрано 8 проб (рис.1) Первым этапом стало проведение органолептического анализа проб воды. Его результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты органолептического анализа проб воды Воронежского водохранилища

Место отбора пробы	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
Прозрачность, см	12	12	12	12	12	12	10,5	12,5
Запах	Землистый (II)	Землистый (II)	Землистый (II)	Землистый (II)	Плесневый (II)	Плесневый (II)	Плесневый (I)	Плесневый (II)
Цветность, °	20	15	20	20	30	40	60	50
Кислотность, рН	8,01	8,02	7,92	7,89	7,93	7,85	7,86	7,88

По результатам органолептического анализа можно отметить, что показатели прозрачности, и запаха находятся в пределах нормы. Однако показатели цветности в пробах воды, отобранных в районе моста ВОГРЕС и левого берега в районе Чернавского моста, превышают допустимые значения. Эти зоны находятся ниже по течению и подвергаются значительной транспортной нагрузке.

Результаты химического анализа (табл. 2) показали, что по показателям общей жесткости воды относятся к мягким, концентрация кальция, сульфатов и нитратов не превышают значений предельно-допустимых концентраций. Однако, содержание железа, практически во всех точках превышает значения ПДК [1]. Железо содержится в донных отложениях в виде лимонита (болотная руда), а также поступает с продуктами коррозии техники, которая осталась на дне после экстренного затопления ложа водохранилища [2].

Таблица 2

Результаты химического анализа проб воды Воронежского водохранилища

Место отбора пробы	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	ПДК
Общая жёсткость, мг-экв/л	4,524	4,842	4,307	4,698	4,481	4,698	4,481	4,481	7
Кальций, мг/л	3,176	3,045	2,784	2,741	2,78	2,958	2,916	2,784	200
Сульфат, мг/л	44	64	25	30	62	82	32	72	500
Железо, мг/дм ³	0,46	0,48	0,35	0,39	0,44	0,4	0,14	0,37	0,3
Нитраты, мг/л	0	0	0	0	0	3,63	23,63	1,125	45
Бикарбонаты, мг СО ₂ /л	250,8	251,7	259	250,8	255	268	259	259	500

Несмотря на относительное благополучие в качестве воды, которое мы зафиксировали в ходе химического исследования, показатели относительной токсичности, выявленные в ходе биотестирования с использованием тест-культуры водоросли хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer), заставляют задуматься [3,4].

В пробах воды, отобранных у Отроженского железнодорожного моста и моста ВОГРЕС обнаружены соединения, которые подавляют рост хлореллы до токсического уровня. К таким веществам могут относиться тяжелые металлы, нефтепродукты, СПАВ и другие ксенобиотики [5]. В пробах воды, отобранных у правого берега в районе Северного моста и у Чернавского моста обнаружены вещества, стимулирующие рост Хлореллы в концентрациях, соответствующих токсическому уровню. К этой группе относят

биогенные вещества, также вызывающие процессы эвтрофикации в водохранилище (табл.3).

Во всех пробах почвы было зарегистрировано наличие соединений, регистрирующихся в данном биотесте. В районе Северного, Чернавского и Вогресовского мостов зарегистрированы соединения, вызывающие стимуляцию роста хлореллы до токсического уровня. В остальных пробах отмечено угнетение роста хлореллы. Причем в отдельных точках токсичные соединения в почве и воде оказывают противоположное действие на тест-культуру, что говорит, о разном происхождении этих ксенобиотиков. Изначально мы предполагали, что часть веществ поступает в водохранилище, путем смыва с прилегающих территорий во время паводков и ливней, поскольку ливневая канализация в городе не справляется с потоком воды. Но совпадение классов соединений происходит только в отдельных точках.

Таблица 3

Определение относительной токсичности проводилось методом, основанным на регистрации изменений оптической плотности культуры водоросли хлорелла

Точки отбора проб	Относительная токсичность проб	
	Почва	Вода
1.1	81	55
1.2	61	95
2.1	-144	-375
2.2	69	5
3.1	-102	-275
3.2	71	-175
4.1	-66	38
4.2	-61	68

Далее мы провели тест Эймса для определения содержания в исследованных компонентах водных и околоводных экосистем генотоксических соединений [6].

Наибольшая прямая мутагенная активность на штамме TA 98, регистрирующий мутации типа сдвига рамки считывания, обнаружена в растениях семейства злаковых у Отроженского, Северного и Вогресовского мостов. Причем в районе железнодорожного моста значение мутагенного индекса соответствует высокому мутагенному эффекту. Такие значительные значения можно объяснить тем, что растения накапливают соединения не только из почвы, но и из воздуха, а в точках отбора проб достаточно высокая транспортная нагрузка (табл. 4).

Таблица 4

Мутагенные индексы, зарегистрированные в тесте Эймса на обоих штаммах сальмонеллы

Точки отбора проб	Почва		Вода		Растения	
	TA 98	TA 100	TA 98	TA 100	TA 98	TA 100
1.1	0,38	4,11	1,4	1,1	10,61	2,22
1.2	0,36	4,23	1,7	1,3	0,32	0,38
2.1	0,43	0,69	1,2	1	2,39	0,73
2.2	0,45	0,82	1,6	1,4	3,78	0,84
3.1	0,67	3,44	1,3	0,9	1,54	0,34
3.2	1,09	1,01	1,1	1	1,47	0,36
4.1	1,3	0,9	1,2	0,7	0,69	1,03
4.2	0,95	2,08	0,8	0,6	8,73	1,68

В почве у тех же мостов обнаружены прямые мутагены на штамме ТА 100(табл. 4), регистрирующего мутации типа замены оснований. Это подтверждает, что у растений ведущий путь накопления генотоксических соединений – аэральный.

В воде прямые мутагены такого же типа обнаружены только в одной точке у Отроженского железнодорожного моста.

Заключение. По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1) Показатели цветности в пробах воды, отобранных в районе моста ВОГРЕС и левого берега в районе Чернавского моста, превышают допустимые значения.

2) По показателям общей жесткости воды относятся к мягким, концентрация кальция, сульфатов и нитратов не превышают значений ПДК.

3) Содержание железа, практически во всех точках превышает значения ПДК в 1,2 – 1,6 раза.

4) Во всех пробах воды кроме одной обнаружены соединения, которые подавляют или стимулируют рост хлореллы до токсического уровня.

5) В пробах почвы из околородной экосистемы обнаружены токсичные соединения как стимулирующие, так и подавляющие рост хлореллы.

6) Наибольшая прямая мутагенная активность на штамме ТА 98, обнаружена в растениях семейства злаковых у Отроженского, Северного и Вогресовского мостов. В почве у тех же мостов обнаружены прямые мутагены на штамме ТА 100.

7) В воде прямые мутагены такого же типа обнаружены только в одной точке у Отроженского железнодорожного моста.

В целом, выявленные загрязняющие вещества воды и компонентов околородных экосистем, формируются за счет высокой антропогенной нагрузки в условиях динамичной урбанизации бассейна Воронежского водохранилища, полностью приуроченного к городской экосистеме. Основными причинами изменения допустимой степени загрязненности воды Воронежского водохранилища являются: слабое влияние процессов самоочищения на многие показатели качества воды, значительное количество источников загрязнения, их хаотичное распространение, а также слабая защищенность водохранилища от влияния поверхностного стока [7].

Необходимо усиление очистки сточных вод перед сбрасыванием их в водохранилище, для этого нужно реконструировать левобережные очистные сооружения. Отдельные загрязнители (нефтепродукты, свинец, кадмий, хром и др.) несут непосредственную угрозу здоровью населения города Воронежа. Водоем нуждается в глубокой очистке дна и других водоочистительных мероприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прожорина Т.И. Экологическая гидрохимия: практикум по курсу / Т.И. Прожорина. – Воронеж: ВГУ, 2006. – 28 с.
2. Беспалова Е.В. Инвентаризация антропогенных источников загрязнения Воронежского водохранилища / Е.В. Беспалова // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2019. – № 1. – С. 79–80.
3. Крайнюкова А.Н. Биотестирование в охране вод от загрязнения. Методы биотестирования вод / А.Н. Крайнюкова. – Черноголовка, 1988. – С. 4–14.
4. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова. – Москва: Изд-во «Академия», 2008. – 288 с.
5. Метелев В.В. Водная токсикология. / В.В. Метелев, А.И. Канаев, Н.Г. Дзасохова. – Москва: Изд-во «Колос», 1971. – 248 с.

6. Фонштейн Л.М. Тест-система оценки мутагенной активности загрязнителей атмосферы на Salmonella / Л.М. Фонштейн. – Москва: Изд-во МГУ, 1977. – 107 с.

7. Разиньков Н.Д. Экологические проблемы Воронежского водохранилища и возможность расширения спектра методов их преодоления / Н.Д. Разиньков, С.Л. Титова // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. – 2014. – №1. – С. 15-18.

ПЬЕЗОКВАРЦЕВЫЕ МИКРОВЕСЫ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУХОГО ОСТАТКА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Ж.Ю. Кочетова¹, А.В. Дубачева², А.Л. Тронин¹
zk_vva@mail.ru

¹*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия*

²*Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия*

Бутилированная и водопроводная вода содержит сухой остаток (СО), включающий соли, минералы, тяжелые металлы, пестициды, пластиковые частицы, нелетучие органические вещества. Соотношение этих компонентов в воде и их количество варьируются в широких интервалах в зависимости от происхождения и степени очистки воды. Сухой остаток – один из главных комплексных показателей качества питьевой воды, содержание которого нормируется. Предельно допустимая концентрация (ПДК) сухого остатка в питьевой воде составляет 1000 мг/дм³ [5].

В зависимости от содержания сухого остатка различают минерализованную (СО>1000 мг/дм³) и пресную (СО<1000 мг/дм³) воду. При содержании сухого остатка в 1 дм³ воды до 100 мг вода считается слабо минерализованной; от 100 до 300 мг – удовлетворительно минерализованной; от 300 до 500 мг – оптимальной минерализации; от 500 до 1000 мг – повышено минерализованной. Вода с содержанием СО, превышающим ПДК, имеет неприятный вкус и может содержать ионы тяжелых металлов. С другой стороны, слабо минерализованная вода также имеет низкие вкусовые качества и опасна для здоровья при постоянном употреблении. Поэтому содержание СО и его регулирование в воде требует постоянного и надежного контроля.

В настоящее время сухой остаток в питьевой воде контролируют в специализированных лабораториях согласно ГОСТ 18164-72 «Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка». Методика включает этапы: отбор пробы воды объемом 250–300 см³; ее фильтрование; выпаривание в фарфоровой чашке на водяной бане с дистиллированной водой; высушивание чашки с сухим остатком в термостате при 110 °С до постоянной массы. Расчет сухого остатка проводят по формуле:

$$CO = [(m - m_1) \cdot 1000] / V, (1)$$

где m и m_1 – массы чашки с сухим остатком и чистой чашки, мг; V – объем пробы воды см³.

Взвешивание чашки осуществляют на аналитических весах. Стандартная методика довольно длительна (3 ч) и трудоемка, для ее проведения требуется специализированная громоздкая аппаратура. Поэтому актуальна разработка современных подходов к

определению СО в питьевой воде, отличающихся мобильностью, экспрессностью и высокой точностью определения.

Цель исследования – разработка методики для определения содержания сухих веществ в питьевой воде с применением пьезокварцевых микровесов.

Пьезокварцевые микровесы в последние десятилетия находят применение в экологическом анализе благодаря невысокому энерго- и ресурсопотреблению, мобильности, низкому температурному коэффициенту, высокой масс-чувствительности, возможности решения широкого круга аналитических задач [1, 2, 4].

Микровесы представляют собой тонкую кварцевую пластину АТ-среза с собственной частотой колебаний F_0 (5–25 МГц), на которую напылены металлические электроды. При приращении массы вещества ΔM на электродах собственная частота колебаний кварцевой пластины снижается на величину ΔF . Этот процесс описывается моделью Зауэрбрея [3]:

$$\Delta F = -k \cdot \Delta M, \quad (2)$$

где k – константа микровесов, зависящая от их свойств (геометрические параметры, диаметр и материал электродов, собственная частота колебаний кварцевой пластины). Значение k является характеристикой масс-чувствительности метода и определяется экспериментально путем построения калибровочных зависимостей.

Для определения СО использовали пьезокварцевые микровесы с собственной частотой колебаний 13 МГц и диаметром электродов 5 мм. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.

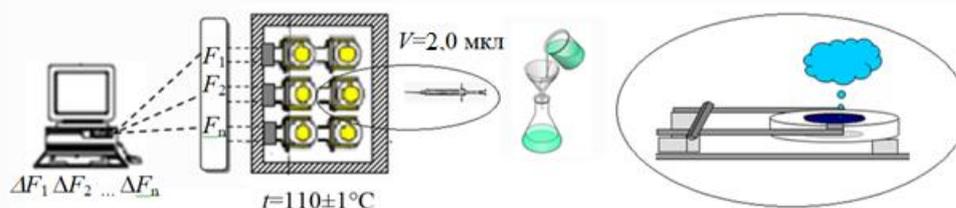


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для определения содержания сухого остатка в питьевой воде

Пьезокварцевые микровесы в количестве от 1 до n закрепляются в держателях, расположенных в боковой части термостатируемой ячейки детектирования таким образом, чтобы их электроды были расположены строго параллельно полу. Каждый резонатор соединен с собственными возбудителем колебаний и микрочастотомером, а также имеет выход на процессор компьютера, где в непрерывном режиме времени фиксируется изменение колебаний каждого пьезокварца с шагом $\Delta\tau=5$ с.

Предварительно измеряется и фиксируется собственная частота колебаний микровесов F_{0i} . Вода после фильтрации, как указано в стандартной методике, отбирается микрошприцем и наносится на каждые микровесы объемом по 2 мкл на верхние электроды кварцевых пластин. При этом можно исследовать параллельно одну и ту же пробу воды или осуществлять анализ одновременно нескольких различных проб. Затем закрывается крышка ячейки детектирования и устанавливается температура термостатирования ($t=110$ °C). При достижении заданной температуры начинают фиксировать увеличение частоты колебаний пьезокварцев, что связано с испарением несвязанной воды с поверхности их электродов. Измерения проводят до тех пор, пока частота колебаний пье-

зосенсоров в течение 30 с будет оставаться постоянной ($F_i = \text{const}$).

Изменение частоты колебаний микровесов ΔF_i в результате осаждения сухого осадка на электродах рассчитывается как разность F_{0i} и F_i . Для установления константы микровесов k и расчета массы сухого остатка по уравнению (2) предварительно строили градуировочный график (рис. 2). Для этого готовили серию стандартных растворов хлорида натрия в интервале концентраций от 100 до 1200 мг/дм³ (от 0,1 до 1,0 мкг/мкл) и проводили микровзвешивание сухого остатка как указано выше. Из графика следует, что константа используемых в работе микровесов составляет 98 Гц/мкг, а график линейный в интервале заданных концентраций, соответствующих возможным вариантам содержания сухого остатка в питьевой воде.

На заключительном этапе: рассчитывают приращение массы на электродах микровесов по уравнению (2): ΔM (мкг) $= -\Delta F/98$; проводят пересчет содержания сухого остатка с учетом объема выпариваемой пробы и единиц измерения по уравнению (1): CO (мг/дм³) $= \Delta M \cdot 10^3/2$.

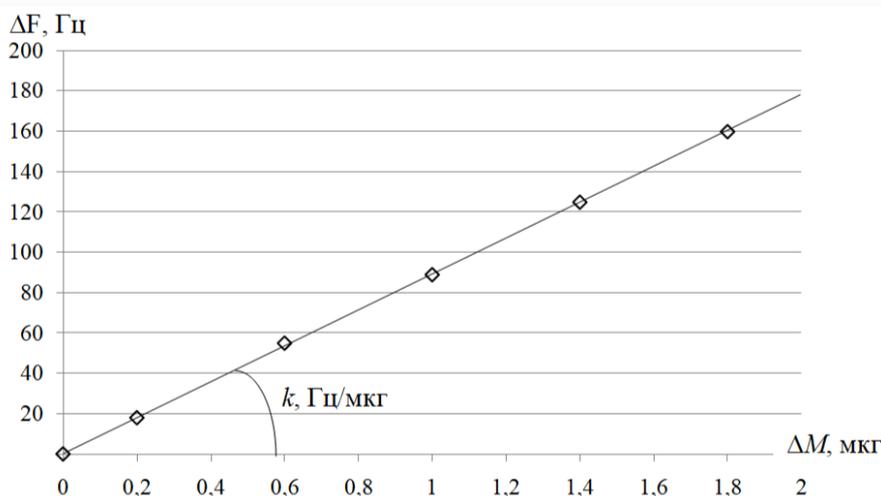


Рис. 2. Зависимость изменения частоты колебания пьезокварцевых микровесов от массы сухого остатка на их электродах

Для апробации разработанной методики проводили анализ питьевой бутилированной воды «Липецкая» («Компания Росинка»), «Экобаланс» (ЗАО «Кристалльный источник»), «Пилигрим» и «Кубай» (ООО «Фирма Меркурий»). Пробы каждой воды исследовали параллельно на трех одинаковых микровесах, расхождения между тремя измерениями не превышали ± 1 Гц. Результаты исследований по стандартной и предложенной методикам представлены в таблице 1.

Таблица 1

Определение сухого остатка в бутилированной воде

Название воды	Сухой остаток, мг/дм ³	
	Метод гравиметрии (ГОСТ 18164-72)	Метод пьезокварцевого микровзвешивания
«Липецкая»	900±100	979±11
«Экобаланс»	300±100	377±6
«Пилигрим»	200±100	285±5
«Кубай»	200±100	194±5

Из таблицы следует, что предложенная методика имеет со стандартной хорошую

сходимость результатов определения СО в питьевой воде и отличается более высокой точностью. Кроме того, время анализа сокращается в ~4 раза и составляет не более 40 мин. Микровесы после измерений легко извлекаются из держателей, промываются дистиллированной водой, высушиваются в закрытой емкости при температурах 180–220 °С в течение 10–15 мин. Их чистоту и готовность к повторному анализу определяют по стабильности базовой частоты колебаний F_0 . «Время жизни» микровесов составляет 2000–2500 измерений. При дрейфе F_0 микровесы заменяют на аналогичные. Преимуществом предложенной методики также является возможность одновременного анализа множества одинаковых и разнородных проб; непрерывной компьютерной обработки и запоминания результатов анализа, что существенно сокращает затраты рабочего времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетова Ж.Ю. Экологические проблемы авиационно-ракетного кластера и оптимизация геомониторинга с применением пьезосенсорного датчика / Ж.Ю. Кочетова, О.В. Базарский, Т.А. Кучменко, Н.В. Маслова // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22, № 8. – С. 32–38.
2. Кочетова Ж.Ю. Экспресс-оценка загрязнения грунтов керосином по сигналам пьезосенсора на основе многослойных углеродных нанотрубок / Ж.Ю. Кочетова, Т.А. Кучменко, О.В. Базарский // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. – 2017. – Т. 58, № 1. – С. 28–35.
3. Малов В.В. Пьезорезонансные датчики / В.В. Малов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 272 с.
4. Маслова Н.В. Комплексный экспресс-анализ загрязнения вод / Н.В. Маслова, Ж.Ю. Кочетова // Региональные геосистемы. – 2021. – Т. 45, № 3. – С. 382–392.
5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – Минюст России, 29 января 2021 г. N 62296.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД РОДНИКОВ СЕВЕРА МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

А.Ю. Кузьмина, Д.А. Яблонская, О.Р. Филатова
cuzmlna.an@yandex.ru

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Родники – естественные выходы подземных вод на поверхность – многофункциональные уникальные природные объекты. Воды родников способствуют поддержанию стабильности окружающих биоценозов, являются важным компонентом водного баланса территории, играют большое значение в питании поверхностных водных объектов, возможно использование родников в качестве резервных источников питьевой воды при возникновении проблем с централизованным водоснабжением. Выходы родников зачастую представляют социокультурные объекты и расположены в рекреационных зонах, в пределах территорий развития религиозного и экотуризма, при этом родниковая вода наделяется целебными свойствами.

Однако, качество родниковой воды не может быть гарантировано в любой момент времени из-за высокой чувствительности вод родников к воздействию техногенных факторов. Несмотря на обустройство мест выхода родников, площади водосбора родниковых вод зачастую подвержены загрязнению поверхностным стоком с городских и сельскохозяйственных территорий, автодорожного полотна, утечками из канализационных систем и пр. Таким образом, очевидна необходимость регулярных мероприятий по оценке соответствия воды в родниках требованиям санитарно-эпидемиологической безопасности и, следовательно, её пригодности для безопасного хозяйственно-питьевого использования.

Цель работы – эколого-геохимическая характеристика состава вод родников Северо-Восточного административного округа города Москвы, городских округов Мытищи и Химки на основе определения их гидрогеохимических показателей и характеристики макросостава.

Исследован состав вод родников Северо-Восточного административного округа города Москвы и двух городских округов Московской области: Мытищи и Химки. Территория нахождения родников расположена в пределах Московской возвышенности (восточная часть Смоленско-Московской возвышенности). Рельеф территории холмистый, с хорошо выраженными речными долинами. Реки относятся к бассейну Волги, основное питание рек – снеговое, с наибольшим стоком весной. В летнюю и особенно в зимнюю межень реки почти полностью переходят на подземное питание. В пределах возвышенности часты озёра ледникового происхождения. Климат умеренно-континентальный с четко выраженной сезонностью.

Гидрогеологические условия территории определяются литолого-генетическим строением и включают несколько водоносных горизонтов. Принято выделять верхнюю водонасыщенную толщу в песках, глинах и других отложениях четвертичного и мезозойского возрастов и нижнюю толщу в карбонатных породах и глинах каменноугольного возраста. На большей части территории верхняя и нижняя толщи разделены слабопроницаемыми юрскими глинами, выполняющими роль регионального водоупора [2].

Значительное влияние на гидрогеологические условия оказывают антропогенные процессы, связанные с застройкой территории, строительством транспортных артерий, засыпкой и канализацией оврагов и ложбин, строительством прудов.

Северо-Восточный административный округ (СВАО) – один из наиболее плотно заселенных округов столицы, с западной и восточной сторон ограничен Дмитровским и Ярославским шоссе, на юге – автодорогой третьего транспортного кольца, на севере – МКАД. На территории округов находится более 100 промышленных предприятий, негативно влияющих на экологическую обстановку округа. Озеленение территории – 36%, в основном за счет площадей парков, скверов и бульваров, занимающих почти 300 га. Основным водотоком округа является река Яуза с притоками Каменка и Чермянка.

Городской округ Мытищи расположен на северо-востоке Московской области на южном склоне Клинско-Дмитровской возвышенности. 46% территории округа занимают леса и почти 10% – акватории: пять водохранилищ, реки Яуза и Уча. Техногенную нагрузку округа обеспечивают три крупные автомагистрали (МКАД, Дмитровское, Осташковское и Ярославское шоссе), и множество промышленных предприятий.

Территория городского округа Химки занимает северо-восточный участок Верейско-Звенигородской равнины, граничащий с Клинско-Дмитровской моренно-эрозионной возвышенностью, где расположены водосборные бассейны рек Клязьмы, Сходни, Горетовки, Химки, Бусинки. Акватории и лесные массивы занимают одну треть земель округа, другая треть используется промышленными предприятиями, на остальной

площади расположены населенные пункты и сельхозугодья.

Опробование родников проводилось осенью 2023 года, отобрано 11 проб воды, расположение родников приведено на рисунке 1. В ходе отбора фиксировали температуру воды, pH и электропроводность (с использованием портативного анализатора BLE-C600), последние два показателя затем контролировали при комнатной температуре. Общую жесткость, содержание ионов Ca^{2+} , (и Mg^{2+}), HCO_3^- , Cl^- определяли методом объемного титрования [3], Na^+ , NH_4^+ и NO_3^- – методом потенциометрии, K^+ и SO_4^{2-} – методом рентгенофлуоресцентного анализа с предконцентрированием по методу высушенной капли [1], значение ХПК – методом фотометрии в соответствии с ГОСТ 31859-2012. Аналитические исследования выполнялись в лабораториях кафедры геохимии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Эколого-геохимическая характеристика вод родников выполнялась путем сопоставления полученных результатов с нормативными значениями (по СанПиН №1.2.3685-21): 1) показателей качества различных видов вод (минерализация, общая жесткость, pH, ХПК); 2) предельно допустимыми концентрациями (ПДК) химических веществ в питьевой воде (Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-).

Важной характеристикой состояния подземных вод являются их кислотно-щелочные условия, определяемые величиной водородного показателя pH. Воды исследованных родников имеют преимущественно нейтральный характер, значения pH в диапазоне 6,1 – 7,4 ед. По минерализации почти все воды относятся к пресным (0,3-0,9 г/л), кроме вод родников 1, 3, 4. Их минерализация составляет 1,7; 1,3; 1,4 г/л соответственно, что позволяет считать их слабосолоноватыми. По величине общей жесткости большинство исследуемых вод являются умеренно жесткими, однако в родниках 1, 3, 4, 11 воды очень жесткие. Наблюдается заметно повышенный уровень значений показателя ХПК для родников 1, 2, 3, 4, 11.

Таблица 1

Результаты определения отдельных показателей и макрокомпонентного состава вод родников

№		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	ПДК
pH		7	7,2	7,2	6,7	6,8	7,4	6,4	6,7	6,4	6,4	6,1	6,0-9,0
ХПК	мгО/л	23	16	22	16	12	<12	13	<12	<12	<12	15	15
общая жесткость	мг-экв/л	20	4,8	15	16	5	4,9	3,4	3,6	4	3,9	11	10
M	г/л	1,7	0,4	1,3	1,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,9	1,5
Ca^{2+}	мг/л	292	69	247	234	74	73	46	51	58	55	136	-
Mg^{2+}	мг/л	61	16	31	56	16	15	12	12	13	15	44	50
Na^+	мг/л	137	5,8	111	106	11	9	9,5	19	18	15	74	200
K^+	мг/л	2,9	3	3,2	2,5	1	1,3	0,8	1,1	0,9	0,8	1,7	-
NH_4^+	мг/л	3,7	1,9	2	1,6	0,5	1	0,6	0,8	0,7	0,7	1,4	1,5
HCO_3^-	мг/л	531	182	411	398	270	263	124	145	156	143	188	-
Cl^-	мг/л	559	40	426	515	18	18	36	38	45	41	309	350
SO_4^{2-}	мг/л	106	60	60	58	33	28	42	27	27	30	158	500
NO_3^-	мг/л	11	1,4	8,1	4,4	6,8	5	12	36	36	39	26	45

Приведенные в таблице значения предельно допустимых концентраций (ПДК) отдельных компонентов состава воды в целом свидетельствуют об отсутствии сверхнормативных значений показателей в водах большинства исследованных родников, за

исключением родников 1 и 4 (превышение по показателям минерализации, общей жесткости, ХПК, содержанию магния, ионов хлорида и аммония), 2 (превышение по показателю ХПК и иона аммония), 3 (превышение по показателям общей жесткости, ХПК, количеству хлорид-ионов и ионов аммония), 11 (превышены значения ПДК по жесткости и ХПК).

Полученные данные позволяют разделить исследованные родники на три группы. Визуализация групп по составу вод осуществлена с помощью диаграмм Стиффа (рис. 1).

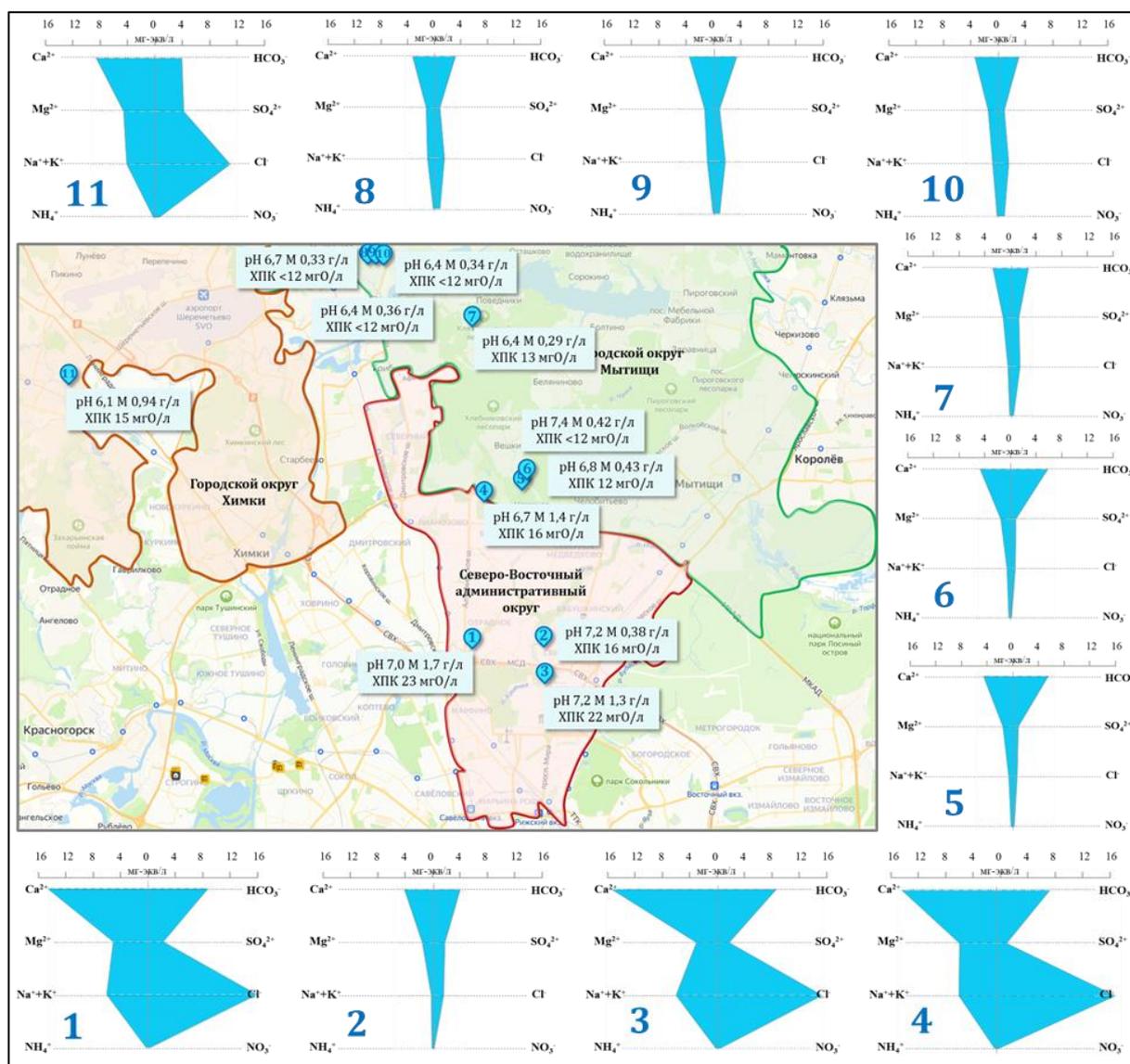


Рис.1. Расположение исследуемых родников, основные показатели и макросостав воды

К первой группе отнесены родники 1, 3, 4 (СВАО) и 11 (городской округ Химки), расположенные непосредственно в жилых массивах. Воды – гидрокарбонатно-хлоридные, натриево-кальциевые. Именно для вод родников этой группы наблюдаются самые заметные отклонения от ПДК сразу по нескольким показателям – жесткости, минерализации, ХПК, содержанию хлорид-ионов и ионов магния. Повышение жесткости и

минерализации может быть вызвано техногенными причинами и связано с присутствием стоков строительных и промышленных предприятий, дорожно-коммунального хозяйства и жилищно-коммунальных организаций. Присутствие хлорид-иона в водах родников может быть связано с загрязнением, обусловливаемым нанесением противогололедных реагентов на дороги с целью борьбы со снегом и льдом, сбросом стоков предприятиями химической промышленности, сбросом сточных вод.

Повышенная концентрация сульфат-ионов в совокупности с повышенным содержанием натрия в воде родника 11 может быть связана с инфильтрацией утечек стоков городской канализации, содержащих компоненты бытовой моющей химии (сульфат натрия) в водоносные горизонты. Данный родник расположен в глубоком овраге притока реки Сходня в центре крупного жилого массива.

Сложная обстановка на родниках 1 и 3 прослеживается ещё с 1997 года. В.М. Швец с соавторами [4] отмечают, что качество воды в роднике на территории парка «Отрада» района Отрадное (соответствует роднику 1 в нашей выборке) не удовлетворяет нормативным требованиям по общей жесткости, общей минерализации, нефтепродуктам и коли-индексу. По роднику на территории района Свиблово (родник 3 в нашей выборке) приведены следующие данные: рН — 6,8, наблюдалось превышение ПДК по ХПК — 45,1 мгО/л, по общей жесткости — 11,6 мг*экв/л, по общей минерализации — 1001-1060 мг/л. Полученные нами результаты во многом сопоставимы: рН — 7,2, ХПК — 22 мгО/л, общая жесткость — 14,9 мг*экв/л, минерализация — 1301 мг/л. Таким образом, можно констатировать отсутствие позитивной динамики качества родниковой воды, находящейся в зоне действия селитебной территории.

Вторая группа включает в себя источники 5 и 6 с гидрокарбонатными, магниевыми кальциевыми водами, расположенные в закрытой рекреационной зоне с минимальной хозяйственной деятельностью.

Третья группа – родники 8, 9, 10 с хлоридно-гидрокарбонатными, магниевыми кальциевыми водами, расположенные на территории сельского поселения, а также родник 7 (рекреационная зона Подмосковья) и родник 2 (парк «Сад будущего»), для которых установлено повышенное содержание сульфат-ионов.

Таким образом, в составе вод родников второй и третьей группы, находящихся в Подмосковье, не было выявлено никаких превышений показателей ПДК, что позволяет сделать вывод о допустимости питьевого и хозяйственного использования. Отдельно стоит упомянуть родник 2, вода которого при химической чистоте отличалась значительным загрязнением нефтепродуктами, наблюдаемым визуально.

Проведенная работа позволила определить значимые различия состава вод родников, находящихся в пределах сельских поселений и рекреационных зон и находящихся в жилых городских массивах. Для последних установлено, что отдельные показатели состава воды не соответствуют значениям ПДК, что исключает возможность их хозяйственно-питьевого использования.

Предположительно, питание большинства родников происходит за счет вод, приуроченных к верхнему мощному покрову рыхлых четвертичных отложений (надморенный комплекс), наиболее подверженных техногенному загрязнению, что сказывается на качестве родниковых вод. Результаты анализа состава вод родников 5 и 6 позволяют выдвинуть предположение о приуроченности данных родников к нижележащему водоносному волжско-альбскому терригенному комплексу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лубкова Т.Н., Липатникова О.А., Филатова О.Р., Балькова И.В. Рентгенофлуоресцентный анализ сульфат-иона в водных растворах по методу высушенной капли с использованием портативного спектрометра // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2022. – № 2.
2. Москва: геология и город. Под ред. Осипова В.И., Медведева О.П. – М.: АО «Московские учебники и картолитогрфия», 1997 – 400 с.
3. Резников А.А., Мулиновская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. Изд. 3-е, переработ. и доп. – М.: Изд-во «Недра», 1970. – 488 с.
4. Швец В.М., Лисенкова А.Б., Попова Е.В. Родники Москвы. – М.: Изд-во: Научный мир, 2002. – 160 с.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБВОДНЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКА «МОКУЛАЕВСКОЕ» (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

М.Н. Мохна

margarita.mokhna@gmail.com

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Одной из проблем разработки месторождений полезных ископаемых является поступление в карьеры поверхностных и подземных вод. Существуют различные методы борьбы с обводнением. Для проектирования карьерного водоотлива необходимо установить источники обводнения и приток воды, сформированный каждым источником. В данной статье автор рассматривает условия обводнения месторождения известняка «Мокулаевское».

Месторождение известняка «Мокулаевское» примыкает к северным границам г. Талнах, расположенного в Таймырском Долгано-Ненецком районе Красноярского края (рис.1). Отработка ведется обособленными карьерами на 2 участках: Северо-Мокулаевский и Мокулаевский.

В гидрогеологическом плане рассматриваемая территория находится в краевой северо-западной части Тунгусского артезианского бассейна (рис. 1).

Источником обводнения карьеров рассматриваемого месторождения будут как подземные воды (надмерзлотные воды сезонно-талого слоя и подмерзлотные воды), так и поверхностные воды (притоки вод за счет снеготаяния и в период ливневых дождей).

Надмерзлотный горизонт вод сезонно-талого слоя приурочен к отложениям четвертичного возраста различного генезиса и функционирует периодически в теплое время года. Мощность сезонно-талого слоя изменяется от 0,2 м до 3,5 м.

Подмерзлотные воды представлены водоносным средне-верхнедевонский терригенно-карбонатным комплексом и водоносной верхнепермско – нижнетриасовой вулканогенной пластовой зоной.

Водоносный средне-верхнедевонский терригенно-карбонатный комплекс представлен преимущественно известняками, доломитами и мергелями. Общая вскрытая мощность пород водоносного комплекса на площади исследований достигает 110 м. Скважины на водоносный средне-верхнедевонский комплекс характеризуются дебитами от 0,5 л/с до 2,2 л/с. Водоносный комплекс является слабо напорным достаточно высокой водообильности, водопроводимость пород достигает 761 м²/сут.



Рис. 1. Карта гидрогеологического районирования (уменьшенная копия карты масштаба 1:2 500 000)

Направление потока прослеживается от предгорной части к основному базису эрозии – озеру Пясино. Локально разгрузка происходит круглогодично в таликовые зоны долин рек и в высоко-водопроводящие зоны тектонических нарушений. Питание подземных вод происходит, за счет прямой инфильтрации атмосферных осадков на участках прерывистой мерзлоты или путем перетекания из сквозных таликов озер и рек.

Водоносная верхнепермско – нижнетриасовая вулканогенная пластовая зона представлена вулканогенной толщей переслаивающихся базальтов, туфов, туфопесчаников. Выделяется локально в северной части площади исследований. Водообильность водоносной пластовой зоны по мере увеличения глубины существенно уменьшается.

Следует отметить, что присутствие в кровле водоносной пластовой зоны криогенного водоупора препятствует прямой инфильтрации атмосферных осадков.

На Мокулаевском месторождении известняков предусмотрен открытый способ отработки месторождения. Отработка ведется обособленными карьерами на участках Северо-Мокулаевский и Мокулаевский.

Практически сплошное распространение многолетнемерзлых пород не способствует их обводнению. Экранирующее воздействие криолитозоны обуславливает формирование ограниченных ресурсов подземных вод, что значительно упростит эксплуатацию месторождения. Источником обводнения карьеров будут подземные воды (надмерзлотные воды сезонно-талого слоя и подмерзлотные воды), а также поверхностные воды (притоки вод за счет снеготаяния и в период ливневых дождей).

Параметры проектируемых карьеров приведены в таблице 1.

Значения гидрогеологических параметров, используемых при расчете водопритока, получены по результатам опытных работ, проведенных сотрудниками ООО «ИНЖГЕО».

Оценка водопритоков произведена гидродинамическим методом, при этом

средняя водопроницаемость для Северо-Мокулаевского участка принята 26,2 м²/сут, для Мокулаевского – 24,1 м²/сут. Для обводненной зоны вблизи р. Мокулай водопроницаемость составляет 380 м²/сут.

Таблица 1

Параметры проектируемых карьеров

Параметры	Карьер Северо-Мокулаевский:	Карьер Мокулаевский:
Длина по поверхности	3600 м	1600 м
Длина по дну	360 м	160 м
Ширина по поверхности	1370 м	1400 м
Ширина по дну	90 м	55 м
Площадь по поверхности	4148,1 тыс. м ²	1604 тыс. м ²
Площадь по дну	29,5 тыс. м ²	7,4 тыс. м ²
Средняя глубина карьера	150 м	177 м

Глубина карьера ниже уровня подземных вод – для Северо-Мокулаевского участка – 142 м, для Мокулаевского – 175 м.

Для Северо-Мокулаевского карьера, имеющего вытянутую форму, расчетный радиус «большого колодца» определяется по формуле Н.К. Гиринского:

$$r = \eta * \frac{l + b}{4} = 1.16 * \frac{3600 + 1370}{4} = 1441 \text{ м}$$

где,

l – длина карьера;

b – ширина карьера;

η – коэффициент, определяемый в зависимости от величины b/l (в нашем случае 0,4);

η=1,16 (табл. XVII-2, Справочное руководство гидрогеолога, т. 1).

Для Мокулаевского карьера, имеющего форму близкую к кругу, приведенный радиус определяется из формулы площади круга

$$S = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \frac{1604000}{3.14} = 715 \text{ м}$$

В результате расчетов получили следующие значения радиусов влияния карьеров:

Расчетные радиусы для карьеров составят 1441 м и 715 м.

Расчет притоков воды в карьер за счет вод сезонно-талого слоя

Средняя мощность СТС принимается 2,5 м.

Расчет притоков вод СТС в карьеры произведен по методу «большого колодца» для безнапорного режима фильтрации грунтовых вод по следующей формуле [4]:

$$Q = \frac{1,36 * K * H^2}{\lg R_0 - \lg r_0};$$

Где:

K – коэффициент фильтрации, (м/сут); принимается 3 м/сут (среднее значение по материалам гидрогеологических работ на территории).

H – мощность водоносного горизонта, м (2,5 м)

r₀ – радиус карьера, м

R_0 – радиус воронки осушения, м, определяется по формуле

$$R_0 = R + r_0$$

Где,

R – радиус влияния, вычисляемый по формуле И.П. Кусакина, м

$$R = 2 * S\sqrt{K * H}$$

Где:

S – величина необходимого снижения уровня, м

K – коэффициент фильтрации, м/сут

H – мощность водоносного горизонта, м (2,5 м)

Для Северо-Мокулаевского карьера:

$$R = 2 * S\sqrt{K * H} + r_0 = 2 * 2.5\sqrt{3 * 2.5} + 1441 = 1455 \text{ м}$$

Для Мокулаевского карьера:

$$R = 2 * S\sqrt{K * H} + r_0 = 2 * 2.5\sqrt{3 * 2.5} + 715 = 729 \text{ м}$$

Водоприток из безнапорного водоносного горизонта определяется как к совершенному грунтовому колодцу:

Северо Мокулаевский участок:

$$Q = \frac{1,36 * K * H^2}{lgR_0 - lgr_0} = \frac{1,36 * 3 * 2,5^2}{lg1455 - lg1441} = \frac{25.5}{0.004} = 6375 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Мокулаевский:

$$Q = \frac{1,36 * K * H^2}{lgR_0 - lgr_0} = \frac{1,36 * 3 * 2,5^2}{lg729 - lg715} = \frac{25.5}{0.01} = 2550 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Расчет водопритоков подмерзлотных вод

Подмерзлотные воды средне-верхнедевонского комплекса вскрываются только на территории Мокулаевского карьера.

Расчет водопритоков подмерзлотных напорных вод выполнен по следующей формуле [4]:

$$Q = \frac{2.73 * Km * S}{lgR_0 - lgr_0}$$

Где:

S – величина необходимого снижения уровня – 10 м,

Km – водопроводимость – 7 м²/сут

r_0 – приведенный радиус месторождения (радиус «большого колодца»)

R_0 – радиус воронки осушения, м, определяется по формуле

$$R_0 = R + r_0$$

R – радиус влияния, вычисляемый по формуле Зихарда, м

$$R = 10S\sqrt{K}$$

$$R_0 = r_0 + 10S\sqrt{K} = 405 + 10 * 10\sqrt{K} = 578 \text{ м}$$

Водоприток может иметь значение:

$$Q = \frac{2.73 * Km * S}{lgR - lgr_0} = \frac{2.73 * 7 * 10}{lg578 - lg405} = \frac{191}{0.15} = 1273 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Водопритоки за счет атмосферных осадков

Водопритоки за счет атмосферных осадков определяются для периода снеготаяния и ливневого притока дождевых вод (использованы данные метеостанции «Надежда» за период 1973-1980 гг.).

Приток воды за счет снеготаяния определяется по следующей формуле [5]:

$$Q = \frac{\alpha * h_c * F * \beta * \psi}{t};$$

Где:

F – площадь замкнутого контура карьера – 1604 тыс. м² (Мокулаевский участок), 4148,1 тыс. м² (Северо-Мокулаевский участок);

h_c – слой талых вод (по карте районирования снегового стока) 0,094;

t- время таяния снега (сутки) 320 часов;

Ψ- коэффициент стока (0,5);

β- коэффициент удаления снега (0,7).

В результате произведенных расчетов установлено, что водоприток за счет снеготаяния составит:

Мокулаевский участок:

$$Q = \frac{\alpha * h_c * F * \beta * \psi}{t} = \frac{0,8 * 0,094 * 1604 * 0,7 * 0,5}{13,3} = 3,17 \text{ м}^3/\text{сутки или } 0,13 \text{ м}^3/\text{час}$$

Северо – Мокулаевский участок:

$$Q = \frac{\alpha * h_c * F * \beta * \psi}{t} = \frac{0,8 * 0,094 * 4148 * 0,7 * 0,5}{13,3} = 8,2 \text{ м}^3/\text{сутки или } 0,34 \text{ м}^3/\text{час}$$

Приток в период ливневых дождей определен по следующей формуле [1]:

$$Q_{\text{лив}} = h_0 * F * \psi$$

Где:

h₀- слой ливневых осадков на 1 м² площади карьера (0,024 м);

F – площадь карьера (м²).

Северо-Мокулаевский участок:

$$Q_{\text{лив}} = 0,024 * 4148 * 0,5 = 49,7 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Мокулаевский участок:

$$Q_{\text{лив}} = 0,024 * 1604 * 0,5 = 19,2 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Итого общий водоприток в карьер (Q): для Мокулаевского участка составляет 4026 м³/сут; для Северо – Мокулаевского – 6600 м³/сут.

Таким образом, учитывая приведенные выше расчеты, можно констатировать, что водоприток в карьеры преимущественно будет формироваться за счет подземных вод, на долю которых в общем водопритоке приходится 99 %. При этом для Мокулаевского карьера она составляет – 37%: для Северо-Мокулаевского – 62%.

Полученные результаты расчета водопритока следует учитывать при проектировании системы карьерного водоотлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верещагина Л.М., Меншутин Ю.А., Керин А.С. и др. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – М.: Изд. НИИ ВОДГЕО, 2015. – 143 с.

2. Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации месторождений. Методические рекомендации. – М., 2002. – 119 с.

3. Методические рекомендации по проведению гидрогеологических исследований на стадии детальной разведки месторождений твердых полезных ископаемых. – М.: ВИМС, 1981. – 98 с.

4. Скабалланович И.А., Седенко М.В. Гидрогеология, инженерная геология и осушение месторождений. – М.: Недра, 1980. – 204 с.

5. СНиП 2.06.14-85 «Защита горных выработок от подземных и поверхностных

вод». – М., Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации. 1985. – 469 с.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ Р.УСМАНЬ В ПРЕДЕЛАХ НОВОУСМАНСКОГО РАЙОНА

М.В. Небольсина, К.В. Успенский
ladymary-97@yandex.ru

Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж, Россия.

Антропогенное давление на водные объекты особенно сильно проявляется в бассейнах малых рек в промышленно развитых и сельскохозяйственных регионах, к числу которых относится и Воронежская область. Малые водотоки имеют большое хозяйственное и рекреационное значение, но при этом наиболее уязвимы и восприимчивы к внешним воздействиям окружающей среды. В настоящее время состояние малых рек области резко ухудшилось, поэтому они требуют особой заботы и внимания. Одной из первоочередных природоохранных задач региона является мониторинг и контроль за качеством природных вод, а мероприятия по охране водных ресурсов региона в целом обязательно должны включать такую меру, как защиту малых водотоков от загрязнения и деградации. Визуальное обследование реки показало, что в ходе антропогенного влияния на реку ее состояние значительно ухудшилось за последние годы; наблюдается процесс эвтрофикации; русла рек сильно мелеют, заволакиваются песком и илом, интенсивно зарастают водной растительностью. Огромные количества мусора оставленного отдыхающими, часть мусора, не подвержена естественному процессу разложения и в течение последующего времени без специальной утилизации будет лишь накапливаться на данной территории. В % соотношении, наиболее распространенным мусором является пластик, он составляет 49% , на втором месте стекло, 14 % , бумага, картон 9 % и металл 8% (рис. 1).



Рис. 1. Процентное соотношение различных видов отходов на исследуемых точках

Пробы воды проводились осенью в октябре и весной в апреле были взяты в следующих точках; Биосферный заповедник, Орлово, Рыкань, Новая Усмань, Боровое, было взято 18 проб по течению реки и у берега. (рис 2). На изучение в них следующий элемент, нитраты, нитриты, железо, аммоний, фосфаты.

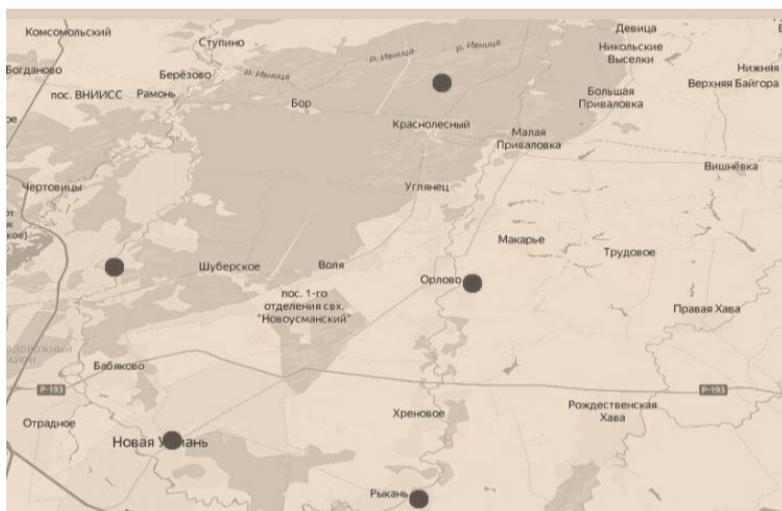


Рис. 2. Точки отбора проб воды

ПДК для водоемов культурно – бытового назначения (хозяйственного) :

- Нитраты 45 мг/л;
- Нитриты 3 мг/л;
- Аммоний 2 мг/л;
- Фосфаты 3.5 мг/л;
- Железо (Fe) 0.3 мг/л.

Таблица 1

Содержание различных веществ в реке Усмань (проботбор осень- октябрь)

Место проботбора	Нитраты	Нитриты	Аммоний	Фосфаты	Железо
Орлово берег	7 мг/л	0,02 мг/л	0,05 мг/л	0,1 мг/л	0,5 мг/л
Орлово течение	10 мг/л	0,2 мг/л	1.9 мг/л	0,2 мг/л	0,5 мг/л
Рыкань берег	10 мг/л	0.2 мг/л	3 мг/л	0,3 мг/л	0,05 мг/л
Рыкань течение	5 мг/л	0,6 мг/л	4 мг/л	1 мг/л	0,05 мг/л
Новая Усмань берег	10 мг/л	0,02 мг/л	0,05 мг/л	0,1 мг/л	1 мг/л
Новая Усмань течение	7 мг/л	0,3 мг/л	2,6 мг/л	1 мг/л	0.1 мг/л

Норма ПДК нитратов = 45 мг/л. По данным исследования пробы, взятые по течению и у берега в следующих точках Орлово, Рыкань, Новая Усмань, Боровое ПДК не превышает норму.

Норма ПДК нитритов в воде = 3 мг/л. Содержание по пробам воды, взятым у берегов и по течению реки в точках исследования, результаты показали, что ПДК нигде не превышает норму.

Норма ПДК аммония = 2 мг/л. По данным исследования ПДК аммония превышает

ет в следующих точках исследования, Рыкань проба воды взята у берега превышает на 1 мг/л., Рыкань проба воды взята по течению превышает ПДК на 2 мг/л. Боровое проба воды взята по течению ПДК превышает 1.09 мг/л., Боровое проба воды взята у берега ПДК превышает на 1 мг/л, Новая Усмань проба воды взята по течению превышает на 0.6 мг/л. Проба воды взята у берега реки в точке Новая Усмань не превышает норму ПДК.

Норма ПДК фосфатов = 3,5 мг/л. По данным исследования в исследуемых точках Орлово, Рыкань, Новая Усмань, Боровое, ПДК фосфатов нигде не превышает норму.

Норма ПДК железа (Fe) = 0,3 мг/л. ПДК железа превышает в следующих точках как по течению так и у берега в в точке Орлово превышено ПДК железа на 0.2 мг/л, в точке Рыканьберег 1.7 мг/л, в точке Новая Усмань у берега превышена норма ПДК на 0,7 мг/л, по течению в норме, в точке исследования Боровое ПДК железа у берега в норме, по течению на 0.75 мг/л.

Исследование проб воды показали следующие результаты: нитраты, нитриты и фосфаты в пределах нормы, а что касается аммония, – его содержание в воде превышено почти во всех точках исследования и осенью и весной. Повышенное содержание аммония может свидетельствовать о попадании фекальных стоков или органических удобрений. Присутствие иона аммония свидетельствует о наличии в воде органического вещества животного происхождения, либо он попадает в воды реки с поверхностным стоком с сельхозугодий при использовании аммонийных удобрений. При биохимическом разложении азотсодержащих органических соединений образуется аммиак (NH₃), который при растворении в воде образует ион аммония (NH₄⁺). При исследовании прибрежной зоны было отмечен выпас крупно-рогатого скота и коз, которые паслись у берега реки, воды которой использовались для водопоя. Это влияет на загрязнение вод отходами жизнедеятельности животных.

Содержание железа так же превышено в осенних и весенних пробах воды. Содержание железа в воде превышает норму ПДК в десятки раз. Наблюдается заметное увеличение содержания железа по направлению вниз по течению. Превышение ПДК железа в воде характерно для вод болот и эвтрофицированных водоемов.

Таким образом, по результатам исследований выявлено, что в реке Усмань интенсивно идут процессы эвтрофикации, что в совокупности с загрязнениями с полей, а также выпасом скота приводит к постепенному обмелению реки и возрастанию её заболоченности. Что в последующем может привести к постепенному исчезновению или превращению в пересыхающий водоём с отдельными болотцами и озерами- старицами.

Негативные изменения в состоянии реки Усмань требуют неотложных мер по оптимизации, для того чтобы снизить концентрацию аммония, либо не допустить ее дальнейшего повышения, необходимо запретить выпас животных непосредственно около реки, снизить концентрацию аммонийных удобрений на полях, либо произвести посадку санитарных насаждений в буферной зоне. А также необходимо вести борьбу с прибрежным мусором, так как он наносит не малый урон реке, захламляет ее и негативно сказывается на почве, растительности, да и на эстетику берега реки Усмань.

Норма ПДК нитратов = 45 мг/л. По данным исследования пробы, взятые по течению и у берега в следующих точках Биосферный заповедник, Орлово, Рыкань, Новая Усмань, Боровое ПДК не превышает норму.

Норма ПДК нитритов в воде = 3 мг/л. Содержание по пробам воды, взятым у берегов и по течению реки в точках исследования, результаты показали, что ПДК нигде не превышает норму.

Норма ПДК аммония = 2 мг/л. По данным исследования ПДК аммония превышает в следующих точках исследования, в точках исследования у берега, Биосферный за-

поведник превышает на 1.3 мг/л, по течению превышает на 2 мг/л., в точках исследования Орлово (берег, течение), Рыкань (берег) превышает на 2 мг/л, Боровое на 1.4 мг/л, у берега.

Таблица 2

Содержания различных веществ в реке Усмань (пробоотбор весна – апрель)

Место пробоотбора	Нитраты	Нитриты	Аммоний	Фосфаты	Железо
Заповедник, берег	7 мг/л	0,02 мг/л	3.3 мг/л	0.4 мг/л	2 мг/л
Заповедник, течение	5 мг/л	0.2 мг/л	4 мг/л	0.1 мг/л	2 мг/л
Орлово, берег	15 мг/л	0.02 мг/л	4 мг/л	0.4 мг/л	1.1 мг/л
Орлово, течение	10 мг/л	0.02 мг/л	4 мг/л	0.4 мг/л	2 мг/л
Рыкань, берег	7 мг/л	0.3 мг/л	4 мг/л	0.5 мг/л	2 мг/л
Рыкань течение	6 мг/л	0.3 мг/л	0.05 мг/л	1 мг/л	0.5 мг/л
Новая Усмань, берег	8 мг/л	0.02 мг/л	0.5 мг/л	0.1 мг/л	1 мг/л
Новая Усмань, течение	15 мг/л	0.02 мг/л	0.8 мг/л	1 мг/л	2 мг/л
Боровое, берег	5 мг/л	0.3 мг/л	3.4 мг/л	0.1 мг/л	0.6 мг/л
Боровое, течение	6 мг/л	0.4 мг/л	1.6 мг/л	0.4 мг/л	2 мг/л

Норма ПДК фосфатов = 3,5 мг/л. По данным исследования в исследуемых точках, Биосферный заповедник, Орлово, Рыкань, Новая Усмань, Боровое, ПДК фосфатов нигде не превышает норму.

Норма ПДК железа (Fe) = 0,3 мг/л. ПДК железа превышает в следующих точках у берега, Биосферный заповедник, Рыкань, норма ПДК железа превышена в 1.7 мг/л, в точке Орлово у берега превышен на 0,8 мг/л., и по течению на 1.7 мг/л., в точке исследования Рыкань ПДК железа превышено у берега на 1.7 мг/л., и по течению на 0.2 мг/л., в точке исследования Новая Усмань ПДК превышен на 0.7 мг/л., у берега и по течению на 1.7 мг/л., в точке Боровое ПДК железа превышен по течению на 0.3 мг/л., и у берега на 1.7 мг/л.

Таким образом, во всех точках исследования осенью и весной у берега и по течению нитраты не превышают ПДК. Содержание нитритов также не превышает норму ПДК во всех исследуемых точках по течению и у берега.

В точке Орлово аммоний в норме, но дальше по течению аммоний заметно превышает норму ПДК. Аммоний превышен в следующих точках исследования, которые проводились осенью, это точки Рыкань у берега и по течению, Новая Усмань по течению и Боровое по течению и у берега.

В точках, проводившихся весной, аммоний превышен в точке исследования Био-

сферный заповедник, Орлово, Рыкань, в точке Новая Усмань не превышает норму ПДК, в точке Боровое превышает норму ПДК.

Содержание фосфатов в исследованиях, проводившихся осенью, и в исследованиях, проводившихся весной, не превышают ПДК.

Содержание железа (Fe) в осенних исследованиях превышают в точках Орлово по течению и у берега, в точке исследования Рыкань железо в норме как по течению, так и у берега реки, Новая Усмань железо превышено, как по течению, так и у берега реки, и в точке исследования Боровое по течению превышено, у берега в норме.

Содержание железа (Fe) в весенних исследованиях превышено во всех точках исследования, начиная от точки исследования Биосферный Заповедник здесь максимально превышено железо, в точке Орлово у берега на 1 мг/л концентрация железа меньше, но по течению такой же показатель как и в Биосферном заповеднике, у берега в точке Рыкань превышено на 1.7 мг/л, по течению концентрация железа гораздо меньше, превышено на 0.2 мг/л, в точке Новая Усмань содержание железа у берега реки превышение железа на 0.7 мг/л, по течению реки 1.7 мг/л., в точке исследования Боровое у берега превышено на 0, 3 мг/л., по течению на 1.7 мг/л.

Таким образом, превышение аммония и железа волнообразное во всех точках исследования, проведенных осенью и весной. Во всех точках исследования, проводимых осенью и весной, ПДК не превышают нитраты, нитриты, фосфаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев М.И., Вулых Н.К., Загрузина А.Н. Фоновое содержание хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в природных средах (по мировым данным) // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. / М.И. Афанасьев, Н.К. Вулых., А.Н. Загрузина. – Москва, 2001. – № 5. – С. 31-59.
2. Горелов А.А. Экология: конспект лекций / А. А. Горелов. – Москва: Высшее образование, 2008. – 192 с.
3. Петин А.Н., Анализ и оценка качества поверхностных вод: учеб., пособие / А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, О.В. Крымская. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.
4. Луцик В.И. Физико – химические методы анализа: Учебн. пособие / В.И. Луцик, А.Е. Соболев, Ю.В. Чурсанов. – Тверь, 2008. – 208 с.

ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАЛЫХ РЕК ИЛОВЛИНСКОГО БАССЕЙНА (НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.Ю. Овчарова
Ovcharova_82@list.ru

Волгоградский государственный аграрный университет, Институт непрерывного образования, г. Волгоград, Россия

Иловля представляет собой типичную степную реку, протекающую в зоне недостатка водных ресурсов. В верхнем течении берега её покрыты кустарниками, а в среднем и нижнем течении небольшими пойменными лесами. Русло реки меандрирует.

Река берет начало на склонах Приволжской возвышенности неподалеку от села Первомайское Красноармейского района Саратовской области. По территории Волгоградской области р. Иловля протекает в пределах Камышинского, Ольховского и Илов-

линского районов. Протяженность реки составляет 369 км, из которых 305 км несут свои воды в нашем регионе. Общая площадь водосборного бассейна 9250 км², в Волгоградской области – 8765 км². В летний период река сильно мелеет, пересыхает, распадаясь на ручьи, образуя отдельные водотоки. Среднегодовой расход воды у х. Боровка Саратовской области (35 км от устья) составляет 8,09 м³/с, а объём стока – 0,255 км³/год. Максимальный расход воды приходится на весеннее половодье с апреля по май и может достигать 274 м³/с, в зимнюю межень расход воды снижается до 0,55 м³/с.

Питание водотока в основном осуществляется за счёт снеготаяния и незначительной части подземных вод (верховодки и грунтовых вод). Водоток замерзает в последней декаде ноября. Весеннее половодье начинается в конце марта и заканчивается во второй половине мая.

В южной части реки располагаются небольшие пойменные озёра, крупнейшим из которых является оз. Ильмень.

В окрестностях реки распространены супесчаные почвы, а вдоль самого русла реки тянутся болотистые поймы, окаймленные с востока песками.

Одно из первых упоминаний о реке относится к первой половине XVII в. Произошло данное название от слова «ил», что означает «осадок, мягкий грунт», что указывает на речку с илистым дном [1].

В древности между руслом Иловли и Волгой у современного г. Камышина существовала переволока из бассейна Волги в Дон. Еще в XVI и XVIII вв. делались попытки соединить русло Иловли каналом с Волгой. В течение многих лет обращалось внимание правительства на вопрос соединения Волги с Доном. В 1698 году Пётр поручил инженеру Брекелю прорыть канал между реками Камышинкой и Иловлей, который ничего не сделал и бежал за границу. Над той же задачей работали и при Екатерине II, но тоже безуспешно [2].

Рассмотрим подробнее потенциал водотоков Иловлинского бассейна. Речки длиной до 25 км составляют большую часть её притоков – 50 %, с их общей длиной 161 км – 26,4%. На втором месте расположились притоки длиной от 26 до 50 км – 27,8%, при суммарной протяженности 189 км – 31%. На третьем месте расположились водотоки длиной до 100 км – 22,2 %, общей длиной 260 км (42,6 %). Самыми длинными притоками Иловли являются Ольховка и Бердия. Их протяженность в пределах области составляет 145 км (табл. 1) [3].

Таблица 1

Количество и протяженность водотоков Донского бассейна в пределах Волгоградской области, впадающих в реку Иловля

Градации водотоков по длине, км	Общее количество водотоков	Процентное соотношение от общего количества водотоков, %	Их суммарная длина, км	Процентное соотношение от общей длины водотоков, %
10 – 25	9	50	161	26,4
26 – 50	5	27,8	189	31
51 – 100	4	22,2	260	42,6
ИТОГО	18	100	610	100

Не маловажную роль при оценке природного потенциала играет водосборный бассейн реки, поскольку, чем он обширнее, тем больше её возможности. Особенно это касается

сухих степных территорий. По количеству рек от 101 до 500 км² он составляет большую часть всех притоков Иловли – 58,8 %, в то время, как их суммарная площадь – 35,6 % (2397 км²). На втором месте располагаются реки с водосбором от 500 до 1000 км² – 23,5 % с суммарной площадью 43,55 %. Самым крупным водосбором среди притоков Иловли обладает р. Бердия – 1280 км² (19 %) (табл. 2) [3].

Таблица 2

Количество и площадь водосборных бассейнов притоков Дона в пределах Волгоградской области, впадающих в реку Иловля

Градация водотоков по площади водосборных бассейнов, км ²	Общее количество водотоков	Процентное соотношение от общего количества водотоков, %	Их суммарная площадь водосборных бассейнов, км ²	Процентное соотношение от общей площади водосборных бассейнов, %
До 100	2	11,8	124,4	1,85
101 – 500	10	58,8	2397	35,6
501 – 1000	4	23,5	2933	43,55
1001 – 5000	1	5,9	1280	19
ИТОГО	18	100	6734,4	100

К бассейну реки относятся около 20 речушек различного порядка. Рассмотрим и охарактеризуем подробнее их.

Река Грязнушка – правый приток Иловли. Протекает по территории Камышинского района. Длина водотока составляет 15 км, площадь водосборного бассейна – 117 км².

Река Грязнуха – левый приток Иловли. Протекает по территории Камышинского района. Длина водотока составляет 24 км, площадь водосборного бассейна – 228 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,001 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,03 м³/сек.

Река без названия ус. Каменка – левый приток Грязнушки. Протекает по территории Камышинского района. Длина водотока составляет 10 км, площадь водосборного бассейна – 32 км².

Овраг Семёновка – правый приток Иловли. Протекает по территории Камышинского района. Длина водотока составляет 22 км, площадь водосборного бассейна – 220 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,001 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,031 м³/сек.

Река Гусёлка – правый приток Иловли. Протекает по территории Камышинского района. Длина водотока составляет 23 км, площадь водосборного бассейна – 147 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,001 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,024 м³/сек.

Река Мокрая Ольховка – правый приток Иловли. Берёт начало возле одноимённого села. Протекает по территории Камышинского и Котовского районов. Длина водотока составляет 62 км, площадь водосборного бассейна – 694 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,004 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,13 м³/сек. Одно из первых упоминаний речки встречается в Географическом описании для Императрицы в 1767 г.

Река Сухая Ольховка – левый приток Иловли. Берёт начало южнее с. Гуселки. Протекает по территории Камышинского и Котовского районов. Длина водотока составляет 39 км, площадь водосборного бассейна – 219 км². Годовой сток воды в реке состав-

ляет 0,001 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,03 м³/сек. Речка пересыхает.

Река Большая Казанка – правый приток Иловли. Река берёт начало у д. Калиновки и вблизи п. Костарёва Камышинского района. Протекает по территории Камышинского и Котовского районов. Длина водотока составляет 48 км, площадь водосборного бассейна – 703 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,004 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,13 м³/сек. В период летней межени пересыхает. Самым крупным притоком Большой Казанки является р. Малая Казанка.

Река Малая Казанка – левый приток Большой Казанки. Протекает по территории Котовского района. Длина водотока составляет 53 км, площадь водосборного бассейна – 351 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,006 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,19 м³/сек. Пересыхает.

Рукав без названия в 4 км к северо-востоку от с. Саломатино – правый приток Иловли. Протекает по территории Котовского района. Длина водотока составляет 16 км. Данных о площади водосборного бассейна нет. Пересыхает.

Балка Березовая – левый приток Иловли. Протекает по территории Камышинского района. Длина водотока составляет 16 км, площадь водосборного бассейна – 92,4 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,001 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,04 м³/сек. Пересыхает.

Река Ольховка (Ольховатка, Ольховая) – правый приток Иловли. Берёт начало возле х. Попки Котовского района. Протекает по территории Котовского, Ольховского и Камышинского районов. Длина водотока составляет 71 км, площадь водосборного бассейна – 934 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,006 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,18 м³/сек. Река имеет приток – р. Чертолейка.

Река Чертолейка – левый приток Ольховки. Речка берет начало в 20 км от п. Котово далее протекает через х. Романова. Протекает по территории Котовского, Ольховского и Камышинского районов. Длина водотока составляет 30 км, площадь водосборного бассейна – 312 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,001 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,05 м³/сек.

Река Зензеватка – левый приток Иловли. Протекает по территории Ольховского района. Длина водотока составляет 12 км, площадь водосборного бассейна – 326 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,001 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,04 м³/сек.

Раньше речка была длиннее и начиналась двумя истоками (балки Тополёвая и Вишнёвая) у д. Грязный Курган. В неё впадали балка Крутяк и р. Таловая. Сегодня в Зензеватку впадает балка Таловка.

Река Тишанка – правый приток Иловли. Протекает по территории Ольховского района. Длина водотока составляет 12 км, площадь водосборного бассейна – 326 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,006 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,18 м³/сек.

Река Бердия (Бардич, Верденка) – левый приток Иловли. Протекает по территории Дубовского и Иловлинского районов. Длина водотока составляет 74 км, площадь водосборного бассейна – 1280 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,006 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,18 м³/сек.

Река Бердейка – левый приток Бердии. Протекает по территории Дубовского района. Длина водотока составляет 30 км, площадь водосборного бассейна – 214 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,001 км³/год. Средний многолетний расход воды в реке – 0,02 м³/сек.

Река Ширяй – правый приток Иловли. Протекает по территории Фроловского и Иловлинского районов. Длина водотока составляет 42 км, площадь водосборного бассейна – 602 км². Годовой сток воды в реке составляет 0,003 км³/год. Средний многолет-

ний расход воды в реке – 0,09 м³/сек.

Таким образом, река Иловля относится к притокам первого порядка Донского бассейна. Протекает по территории Саратовской и Волгоградской областей. Общая протяженность всех водотоков Иловлинского бассейна – 610 км. Самым длинным притоком является река Бердия – 74 км, протекающий на территории Дубовского и Иловлинского районов Волгоградской области. Общая площадь Иловлинского водосбора составляет порядка 6735 км².

ЛИТЕРАТУРА

1. Крюкова И.В., Супрун В.И. Реки и водоёмы Волгоградской области: Гидронимический словарь. Изд-е 2-е, перераб. и доп. – Волгоград: ВГАПК РО, 2009. – 379 с.
2. Малые реки и родники Волгоградской агломерации: материалы научного исследования / В.А. Брылев и др.; Волгогр. гос. соц.-пед. ун-т. – Волгоград: Изд-во ВГСПУ «Перемена», 2014. – 144 с.
3. Овчинников А.С., Лобойко В.Ф., Овчарова А.Ю. Малые реки Волгоградской области. – Волгоград, 2018. – 208 с.

РЕКРЕАЦИОННАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РОДНИКОВ БЫКОВСКОЙ СЕЛЬСКОЙ АДМИНИСТРАЦИИ (БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Г.А. Орехова, Л.Л. Новых, М.Е. Родионова
ga-li-na-80@mail.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия*

Белгородская область известна своим вниманием к родникам, т.к. подземным водам принадлежит основная роль в хозяйственно-питьевом, промышленном, сельскохозяйственном водоснабжении и питании поверхностных водных объектов. Проведенные ранее исследования показали, что вследствие физико-географического, геоэкологического и социально-экономического разнообразия регионов России в стране в целом сложно выделить ключевые типы использования родников [5]. Для Белгородской области нами определены следующие основные типы использования родников: хозяйственно-питьевое, рекреационное и культовое. Под рекреационным использованием понимается использование родников для отдыха, т.к. родники привлекают внимание и увеличивают рекреационную ценность пейзажа. Культовое значение родников – это использование их при проведении религиозных обрядов.

Целью исследования являлся мониторинг состояния наиболее известных родников Быковской территориальной администрации Яковлевского городского округа Белгородской области и проведение оценок их рекреационной значимости.

Методическая база работы включила в себя научно-поисковый, экспедиционный методы, описания, измерения, картографический, сравнительный анализ, классификацию. Основные использованные методики: полевого обследования и паспортизации родников; определения санитарно-технического состояния родников [7]; оценки пейзажной выразительности территории [4]; оценки рекреационной значимости родников (рекреационная оценка [6], оценка рекреационной привлекательности [2]).

Быковская территориальная администрация располагается в центре Яковлевского городского округа, западнее г. Строитель, с которым непосредственно граничит (рис.1).

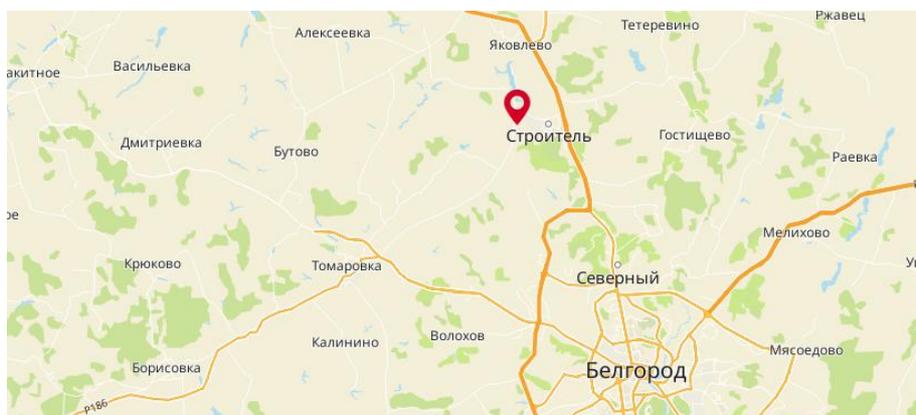


Рис. 1. Размещение Быковской территориальной администрации [3]

Эта территория входит в состав Псельско-Ворсклинского физико-географического района. Его яркая ландшафтная особенность – почти полное отсутствие выходов мело-мергельных пород на склонах балок и речных долин, а также относительно равнинный рельеф [1]. Основными водоносными системами являются палеогеновая (пески, песчаники, глины) и четвертичная (пески, супеси, суглинки). Такие породы определяют невысокие дебиты родников и легкую подверженность их загрязнению.

Густота эрозионной сети составляет от 0,6 до 1 км/км², вертикальное расчленение поверхности – от 40 до 60 м [1]. Такие особенности рельефа способствуют формированию эрозионных нисходящих родников. Годовое количество осадков составляет 550-600 мм, что благоприятно для развития родников. Гидрологический фактор также способствует формированию родников, т.к. непосредственно по территории протекает р. Ворскла.

Антропогенный фактор действует на родники данной территории двояко. С одной стороны, в непосредственной близости находится Яковлевский ГОК, где предусмотрена шахтная добыча железной руды, которая привела к существенным нарушениям режима подземных вод. С другой стороны, значительная часть родников была затоплена, когда создавался пруд с. Крапивное. В настоящее время этот пруд активно используется не только жителями близлежащих сел, но и г. Строитель. Интенсивное рекреационное использование может повлиять на химический состав вод родников. Но значительно большее воздействие, по-видимому, оказывает близость сельскохозяйственных угодий, где вносятся удобрения, что может способствовать загрязнению подземных вод.

Оценка санитарно-технического состояния родника (СТСР) включает в себя оценки технического состояния каптажа (ТСК), санитарного состояния родника (ССР) и санитарного состояния области питания (ССОП) [7].

Использованная шкала оценки пейзажной выразительности охватывает 7 параметров: общее впечатление от пейзажа, выразительность рельефа, обилие водных поверхностей, пространственное разнообразие растительности, природоохранные и уникальные объекты, антропогенное воздействие, использование территории в рекреационных целях [4]. Общая сумма баллов для оценки пейзажной выразительности составляет 30 баллов. Для удобства интерпретации результатов весь интервал оценок был разделен нами на 5 частей: очень низкая – 1-6 баллов, низкая – 7-12 баллов, средняя – 13-18 баллов, высокая – 19-24 балла, очень высокая – 25-30 баллов.

Шкала рекреационной оценки родников разработана на кафедре географии, гео-

экологии и безопасности жизнедеятельности НИУ «БелГУ». Она активно используется авторами при паспортизации родников области. Шкала включает 10 параметров: архитектура и композиция; эстетика; наличие купальни; качество воды; дебит; свободный доступ к роднику; оборудование мест отдыха; обеспечение санитарно-гигиенических требований при пользовании родником; наличие на территории бытового мусора. Максимальная оценка по каждому параметру – 1 балл. На основе полученной суммы баллов оценивается уровень рекреационной значимости родников: 0 – 2 балла – очень низкий (неудовлетворительный); 2,5 – 4 балла – низкий; 4,5 – 6 баллов – средний; 6,5 – 8 баллов – высокий; 8,5 – 10 баллов – очень высокий.

Методика оценки туристско-рекреационного потенциала родников (рекреационной привлекательности) [2] отличается своей объемностью и детальностью, включает пять блоков оценок: природная привлекательность, культурно-познавательная привлекательность, инфраструктура, благоустройство, санитарно-экологическое состояние.

Наиболее известными родниками Быковской территории являются 3 объекта:

- 1) между селами Быковка и Крапивное,
- 2) вблизи х. Веселый,
- 3) вблизи с. Новоалександровка («Святой источник Михайловский»).



А



В



С

Рис. 2. Исследованные родники: А – Родник между селами Быковка и Крапивное, памятник природы регионального значения; В – Родник вблизи х. Веселый; С – «Святой источник Михайловский» вблизи с. Новоалександровка

Особого внимания заслуживает первый из названных родников, т.к. он является памятником природы регионального значения. В некоторых описаниях встречается его название «Святой источник «Ковалев и др.». Расход родника в момент обследования (июль 2023 г.) составил 1,1 л/с. СТСП – удовлетворительное. Качество воды по показателю

телям рН, минерализация, жесткость общая, содержание нитратов, фосфатов, общего железа, марганца, никеля, кадмия, свинца, меди, цинка соответствует нормативам Сан-ПиН. Родник выделяется наличием стелы со стихотворным оформлением, близким размещением пляжной зоны и непосредственной близостью жилых строений.

Родник вблизи х. Веселый имеет расход около 2,18 л/с, СТСР – хорошее. Качество воды по показателям, названным выше, соответствует нормативам. Родник хорошо оборудован, подведено электричество.

Родник «Святой источник Михайловский» расположен вблизи с. Новоалександровка, его расход составляет около 0,25 л/с, СТСР хорошее, качество воды соответствует нормативам. Особенности родника является наличие информационного стенда, иконы, результатов определения химического состава воды.

На рисунке 3 показаны размещение и некоторые характеристики изученных родников. Все родники приурочены к пойме р. Ворскла. По размерам дебита два из них являются среднедебитными, а один («Святой источник Михайловский») – малодебитным (незначительным). Для родника № 1 характерны два типа использования: хозяйственно-питьевое и рекреационное, для остальных – все три типа использования: хозяйственно-питьевое, рекреационное, культовое. В то же время родники различаются по режиму использования: если родники 1 и 2 используются регулярно, то родник 3 – нерегулярно. Это связано, в первую очередь, с удаленностью родника от населенного пункта.

Некоторое повышение концентраций ряда ингредиентов, в сравнении с другими родниками, зафиксировано в воде родника № 1, т.к. он расположен в зоне большего антропогенного воздействия. Но и эти повышенные концентрации не достигают уровня ПДК: фосфор – 0,23 ПДК, железо общее – 0,5 ПДК, нитраты – 0,84 ПДК.

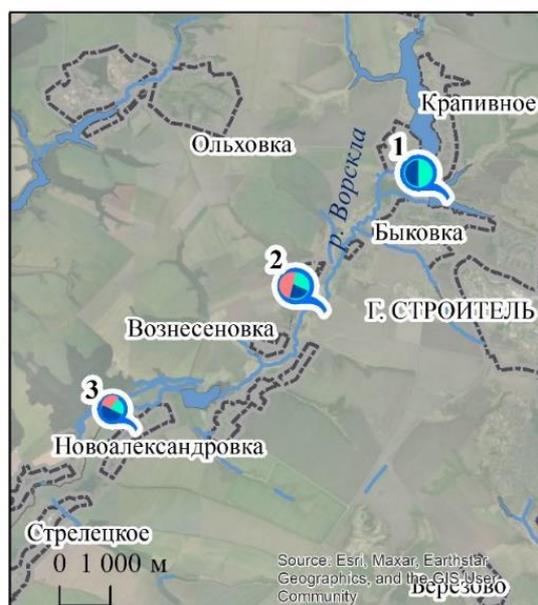


Рис. 3. Размещение изученных родников по территории, их дебит и типы использования: Р – рекреационное, Х-п – хозяйственно-питьевое, К – культовое

Оценка пейзажной выразительности в окрестностях родников изменялась от 13 баллов у родника № 2 до 17 баллов у родника № 1, т.е. все они попадают в разряд средней оценки.

На рисунке 4 показана рекреационная оценка родников. Она изменялась от 5 баллов у родника № 1 (средняя) до 8,5 баллов у родника № 2 (очень высокая).



Рис. 4. Рекреационная оценка исследованных родников

В таблице 1 приведены результаты оценки рекреационной привлекательности исследуемых родников.

Таблица 1

Результаты рекреационных оценок исследуемых родников, баллы

Родник	V_N	V_C	V_I	V_L	V_S	R	Оценка рекреационной привлекательности
1. Между селами Быковка и Крапивное	6,0 Ср.	4,14 Ср.	6,3 выс	6,0 Ср	8,2 Оч. выс	32,34	Высокая
2. Вблизи х. Веселый	3,67 Низ.	5,34 Ср.	4,5 Ср.	7,73 Выс.	9,07 Оч. выс	30,31	Высокая
3. «Святой источник Михайловский» вблизи с. Новоалександровка	4,17 Ср.	4,54 Ср.	2,4 низ	5,66 Ср.	8,47 Оч. выс	25,24	Средняя

Примечание: V_N – природная привлекательность; V_C – культурно-познавательная привлекательность; V_I – инфраструктура; V_L – благоустройство; V_S – санитарно-экологическое состояние; R – общая оценка.

Родники № 1 и № 2 обладают высоким рекреационным потенциалом, родник № 3 – средним, что свидетельствует о перспективах рекреационного природопользования в окрестностях этих родников. Родник № 1 лидирует по природной привлекательности и инфраструктуре, № 2 – по культурно-познавательной привлекательности, благоустройству и санитарно-экологическому состоянию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство / РГО, НИУ «БелГУ»; отв. ред. А.Г. Корнилов; ред.: А.Н. Петин, Ю.Г. Чендев, В.И. Петина [и др.]. – Белгород: КОНСТАНТА, 2018. – 200 с.
2. Гришуткин О.Г., Щуряков Д.С. Методика оценки туристско-рекреационного потенциала родников региона // Географический вестник = Geographical bulletin. – 2023. – № 2 (65). – С. 136–153.
3. Карта Быковки [Электронный ресурс]. – URL: https://all-routes.ru/russia/bykovka_8_ru (дата обращения: 10.07.2024).
4. Кочуров Б.И., Бучацкая Н.В. Оценка эстетического потенциала ландшафтов // Юг России: Экология, развитие. – 2007. – № 4. – С. 25-34.
5. Новых Л.Л., Раевская М.В., Орехова Г.А. Некоторые особенности использования родников (на примере Белгородской области) // Региональные геосистемы. – 2022. – Т. 46, № 4. – С. 624–634.
6. Орехова Г.А., Новых Л.Л., Демченко С.В. Методика рекреационной оценки родников (материалы в помощь учителю) // Современные проблемы естественнонаучного образования: сб. материалов научно-практ. конф., г. Белгород, 20 апреля 2024 г. / отв. ред. Л.Н. Трикула. – Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2024. – С. 91-93.
7. Швец В.М., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Родники Москвы. – М.: Научный мир, 2002. – 160 с.

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ И ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОД ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ОЗЁР В НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РФ (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

О.В. Панчукова, Л.Н. Анищенко
panchukova29@mail.ru

*Брянский государственный университет имени академ. И.Г. Петровского,
г. Брянск, Россия*

Для создания экомониторинговой базы разработана программа «Городские озёра», которая охватывает не только водные объекты крупной урбоэкосистемы – г. Брянска, но и на богатые озёрами различного происхождения и прудами малые города Брянской области. На территории Дятьковского района как неблагоприятного по сочетанному загрязнению такие водные объекты впервые за двухлетний период исследованы на предмет эколого-химических и биологических показателей. Цель исследования – выявить показатели состояния озёр и прудов в рамках общегосударственной системы экомониторинга на территории сочетанной антропогенной нагрузки.

Эколого-химические и биологические показатели водоёмов исследованы в городской черте административного центра г. Дятьково, п. Дружба. К искусственно созданным объектам относятся пруды: Жировский (часть озера Буяновского), Чижовский, Парковый и Орловский, озеро Совхозское (п. Дружба). Остальные водные объект имеют

естественное происхождение. Озеро Круглое (Святое), исток реки Серижа – карстового происхождения, выполняющее в том числе и рекреационную функцию. Пролетарское озеро (Пильнеское озеро) имеет самый большой рекреационный потенциал, Орловский пруд – эстетическая достопримечательность г. Дятьково.

Химический анализ проб воды Дятьковского района проводился в период с 2022 по 2023 гг. [1]. Воды озёр и прудов, находящихся в черте населённых пунктов Дятьковского района, изменяются от 135 мг/л (озеро Пильня) до 314 мг/л (Чижовский пруд). Наибольший диапазон изменений суммы ионов отмечен у озёр Дачного, Совхозного, Орловского, а также двух прудов. Наименьшие колебания показателя выявлены для Больничного, Буяновского озёр, озера Пильня. Среднее значение показателей рН составляет единиц, наименьшее – 6,4-6,6 (озёра Круглое, Пильня, Буяновское, Белая речка), наибольшее – 7,5- 8,0 (пруды). Наименьшая кислотность вод зарегистрирована для крупных водоёмов, наибольшая – для малых по площади и эвтрофицирующихся водных объектов. Слабощелочная реакция определена для проб, отобранных в осеннее время, что стимулирует эвтрофирование, делает менее подвижными ионы тяжёлых металлов. Значения рН всех проб в ранне-осенний период меньше, чем в весенний период. Температура вод изученных объектов колеблется от 11-17 °С в весенний период, наименьшая весенняя температура зарегистрирована для крупных водных объектов, наибольшая – для мелких по площади. Наивысшая температура + 23 °С определена для эвтрофицирующихся прудов.

Для ионов хлора низкие концентрации выявлены в образцах вод озёр Бела речка, Пильня (26, 29 мг/л), наибольшие показатели хлорид-ионов зарегистрированы для осенних проб всех исследованных объектов: 49-52 мг/л, в основном для прудов, озёр Круглое, Святое. В целом концентрация хлоридных ионов в 10 раз ниже ПДК. Концентрация сульфат-ионов, также, как и хлорид-ионов, не превышает ПДК и ниже этого норматива в 8-9 раз. В осенних пробах содержание сульфат –ионов выше, чем в весенних. Наибольшее значения определены для озёр Совхозное, Дачное (21-24 мг/л), двух прудов. Малые значения сульфат-ионов – 10-13 мг/л – определены в пробах крупных озёр, непроточных: Круглое, Святое, Кучеровское, Буяновское. ПДК по аммонийным ионам 0,5 мг/л: в 12 водных объектах эта концентрация в 8-9 раз ниже норматива. В прудах имеются показатели, свидетельствующие об источниках азота: весной и осенью определена концентрация в 0,5 мг/л, что соответствует ПДК. Значения общей жёсткости свидетельствуют о принадлежности вод к объектам со средней и высокой жёсткостью: 80 % и 20 % соответственно. Содержание железа общего в водах – диагностический признак, свидетельствующий о процессах оглеения. Для всех проб вод в водоёмах определено превышение ПДК по железу (0,3 мг/л): наибольшие цифры зарегистрированы для прудов, озёр Совхозное, Дачное, Белая речка, Пролетарское, Парковое, Орловское. Для всех озёр не выявлено очень чистой зоны по содержанию кислорода для показателей нормы в летний период. В весенних пробах O₂ всегда больше, чем в осенний. Наибольшая концентрация O₂ определена для 40 % водных объектов. Вода в Жировском и Чижовском пруду относится к группе «загрязнённые», IV класс. В 35 % водных исследованных объектов класс загрязнения III, «умеренно загрязнённые». В целом концентрация кислорода в замкнутых водных объектах благоприятная, что делает процессы эвтрофикации маловероятными.

Увеличение потребностей населения в отдыхе определяет проведение в экомониторинге специальных исследований, которые характеризуют рекреационные возможности ландшафтов при водоёмах. Для водоёмов исследуемого района прямыми наблюдениями (экспертный путь) определялись коэффициенты и проводились расчёты.

Наибольший индекс E_n рассчитаны для озёр Больничное, Круглое, Пролетарское, Совхозное. Эти показатели изменяются от 703,15 до 356,37. наименьшие E_n выявлены для Жировского пруда, Дачного озера, Орловского озера: значения от 12,35 до 88, 55. Таким образом, рекреационная ёмкость пляжей определяется не только природоохранными критериями, но и косвенными условиями экологической и психологической комфортности.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков // [Электронный ресурс] / Справ. -правовая система «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru>. (дата обращения: 4.07.2024).

2. Каширо М.А. Влияние экологического состояния водных объектов на рекреационный потенциал городской территории (на примере г. Томска). – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekologicheskogo-sostoyaniya-vodnyh-obektov-na-rekreacionnyu-potentsial-gorodskoy-territorii-na-primere-g-tomska/viewer>. (дата обращения: 4.07.2024).

3. Природные ресурсы и окружающая среда Российской Федерации. Центральный федеральный округ / Под ред. Н.Г. Рыбальского. Брянская область. – М.: НИИ-Природа, 2007. – 1144 с.

ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МИНИМАЛЬНОГО ЗИМНЕГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА ВАГАЯ

Л.В. Переладова
LORA-geograf@mail.ru

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Минимальный сток рек и его пространственно-временные колебания являются одними из важнейших экстремальных гидрологических характеристик, так как в значительной мере определяют возможности использования водных ресурсов при решении водохозяйственных задач. В этом случае всегда возникает проблема учета и оценки нижнего предела расхода воды, который необходимо оставлять в реке и не включать в хозяйственное использование и тем более изъятие. Минимальный сток в отдельных ситуациях (засуха, сильные морозы) может выступать как стихийное явление, что крайне негативно воздействует на качество жизни и деятельности человека. Поэтому данные о минимальном стоке обязательно используются при разработке проектов питьевого, хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения, при проектировании ГЭС, ТЭС, АЭС. В том числе, вопросы охраны вод от загрязнения и истощения тоже не могут решаться без информации о минимальном стоке. Все вышесказанное подтверждает важность оценки статистических параметров минимального стока рек, в том числе и одной из его разновидностей – зимнего. Актуальность исследования подтверждается еще и тем, что по территории бассейна реки Вагай единственные обобщения о минимальном зимнем стоке проводились в 60-начале 70-ых гг. XX века в изданиях «Ресурсы поверхностных вод» (1973) и [2].

Исследование основано на данных Росгидромета о минимальных зимних расходах воды рек по 8 водосборам бассейна р. Вагай за период с 1979 по 2022 гг.

Река Вагай – один из самых длинных притоков р. Иртыш в его среднем течении,

берет начало в Омутинском районе из болота Рямового и протекает через Гольшмановский, Аромашевский и Вагайский районы Тюменской области. Длина реки составляет 555 км, общее падение русла 89,1 м, площадь водосбора 23 тыс. км² [3]. В пределах бассейна с юга на север последовательно сменяют друг друга подзоны северной лесостепи, подтайги и южной тайги. В связи с этим на юге территории исследования река и ее притоки характеризуются казахстанским подтипом водного режима с высокой волной весеннего половодья и маловодной остальной частью года, в том числе с очень низкими значениями зимнего стока. В северной части бассейна река и ее притоки характеризуются западносибирским подтипом водного режима с относительно высоким и продолжительным половодьем, паводками в летний период и летне-осенней меженью, переходящей в зимнюю.

Как известно, климатические и метеорологические особенности территории являются основным фактором, определяющим распределение стока рек в течение года. Минимальный зимний сток по сравнению с минимальным летним в условиях большей части территории России отличается значительно меньшей многолетней изменчивостью, что связано с меньшей изменчивостью обуславливающих его метеофакторов (осадки, испарение, температура и т.п.), влияющих прямо или опосредованно. В маловодный зимний период реку питают подземные воды, которые сформированы осадками теплого сезона года. Осадки, выпавшие зимой, практически не принимают участия в речном стоке. В периоды с малоснежной суровой зимой случается промерзание рек и прекращение притока в русловую сеть подземных вод. Подобная ситуация периодически случается в пределах территории исследования.

При значительном влиянии выше указанных факторов, не менее важными при формировании минимального зимнего стока являются гидрогеологические условия, определяющие сложную пространственную структуру подземных вод и условий их дренирования реками. В долине реки Вагай грунтовые воды приурочены к аллювиальным отложениям поймы и надпойменных террас, развитых преимущественно на левобережье. Они чаще залегают в песках тонко- и мелкозернистых, реже – в крупнозернистых песках с прослоями гравия и гальки. В направлении с юга на север крупнозернистые пески замещаются более глинистыми разностями. Водоносные слои подстилаются песчано-алевроитовой толщей верхнего олигоцена. Мощность обводненных пород изменяется от 3 до 15 м. Подземные воды участками имеют слабый напор за счет глин, залегающих в кровле. Уровень воды вскрывается на глубине 0,3 – 2,0 м. Воды пресные гидрокарбонатные с плотным остатком до 1,0 г/л [1].

В отдельных случаях существенное влияние на минимальный зимний сток могут оказать техногенные условия, например, такие как русловое регулирование значительно его увеличивающее, или безвозвратное водоснабжение, наоборот, значительно сокращающее этот вид стока рек.

На первом этапе исследования для расчета нормы минимального зимнего стока и ее статистических параметров потребовалось приведение нерепрезентативных рядов наблюдений к многолетнему периоду при помощи методов математической статистики. Для анализа цикличности и синхронности колебаний минимального зимнего стока построены и проанализированы разностные интегральные кривые. Расчет коэффициента корреляции позволил окончательно подобрать реки-аналоги, а уравнения регрессии были использованы для удлинения непродолжительных рядов наблюдений по ряду пунктов в бассейне Вагая.

При анализе разностных интегральных кривых минимального зимнего стока были выявлены следующие особенности: р. Ашлык – с. Ашлык и р. Суэтык – д. Бескозобо-

во имеют синхронные колебания стока, которые совпадают по полным циклам колебания водности. Синхронные колебания стока наблюдаются и у р. Вагай – с. Черное и р. Агитка – юрты Митькинские. Минимальный зимний сток р. Ашлык – с. Ашлык имеет синфазные колебания со стоком р. Агитка – юрты Митькинские, у р. Вагай – д. Нововыигрышная и р. Вагай – с. Усть-Ламенка – асинфазные колебания, также как и у пары бассейнов р. Вагай – д. Нововыигрышная и р. Балахлей – с. Балахлей. Анализ разностных интегральных кривых позволил выделить по всем бассейнам рек полные циклы водности и определить расчетные периоды для вычисления нормы минимального зимнего стока в виде расхода (Q) и модуля стока (M), а также такие статистические параметра, как коэффициент вариации (Cv) и коэффициент асимметрии (Cs).

Как видно из таблицы 1, коэффициент вариации на территории исследования изменяется от 0,22 до 0,76, т.е. в 3,5 раза. Наименьшая изменчивость минимального зимнего стока характерна для самой р. Вагай, как наиболее крупной реки, дренирующей более глубоко подземные воды, а наибольшая изменчивость наблюдается у его небольших притоков рр. Суэтык, Ашлык, Балахлей.

Для территории исследования характерны положительные коэффициенты асимметрии, меняющиеся от 0,03 до 1,88. Это свидетельствует о том, что годы с малой зимней водностью повторяются чаще, чем с более высокой. Максимальные значения коэффициента асимметрии наблюдаются в бассейнах рр. Ашлык – 1,88; Суэтык – 1,72; Балахлей – 1,32. Наименьшая асимметрия минимального зимнего стока наблюдается в бассейнах рр. Емец и Вагай (нижнее течение) – 0,03. Величина коэффициента асимметрии также, как и коэффициента вариации во многом зависит от питания подземными водами рек в меженный период: чем меньше значение коэффициента асимметрии, тем наблюдается более равномерное подземное питание рек.

Таблица 1

Статистические параметры минимального зимнего стока рек в бассейне Вагая

№ п/п	Река – пункт	Q, м ³ /с	M, л/(сек*км ²)	Cv	Cs
1	р. Ашлык – с. Ашлык	0,35	0,17	0,54	1,88
2	р. Вагай-д. Нововыиграшная	1,35	0,14	0,22	0,22
3	р. Суэтык- д. Бескозобово	0,13	0,17	0,76	1,72
4	р. Вагай – с. Черное	2,64	0,17	0,23	0,04
5	р. Вагай – с. Усть-Ламенка	0,29	0,06	0,35	0,18
6	р. Емец – д. Кузнецово	0,17	0,07	0,30	0,03
7	р. Балахлей – с. Балахлей	0,20	0,09	0,44	1,32
8	р. Агитка – юрты Митькинские	0,62	0,18	0,35	0,58

При проектировании водохозяйственных сооружений минимальный расчетный расход определяют в зависимости от принадлежности объекта к той или иной отрасли хозяйства, главным образом, в диапазоне обеспеченностей 75-97 % [4]. Минимальные зимние расходы воды рек бассейна Вагая были рассчитаны на 80% и 95%-ные обеспеченности (таблица 2).

В условиях полной неизученности или недостаточной гидрологической изученности бассейнов рек, как известно, оценка их стоковых характеристик производится по картам слоя или модуля стока, являющихся относительными показателями, в отличие от

расходов воды, и допустимых к картографированию. Поэтому на следующем этапе настоящего исследования получены значения модулей минимального зимнего стока 80% и 95%-ных обеспеченностей (таблица 2) и проведено их картографирование.

Таблица 2

Расходы и модули минимального зимнего стока рек 80% и 95%-ных обеспеченностей в бассейне Вагая

№ п/п	Река – пункт	$Q_{80\%},$ $м^3/с$	$Q_{95\%},$ $м^3/с$	$M_{80\%},$ $л/(сек*км^2)$	$M_{95\%},$ $л/(сек*км^2)$
1	р. Ашлык – с. Ашлык	0,19	0,15	0,09	0,07
2	р. Вагай-д. Нововыиграшная	1,09	0,88	0,11	0,09
3	р. Суэтяк- д. Бескозобово	0,05	0,03	0,07	0,04
4	р. Вагай – с. Черное	2,17	1,70	0,14	0,11
5	р. Вагай – с. Усть-Ламенка	0,19	0,12	0,04	0,03
6	р. Емец – д. Кузнецово	0,13	0,09	0,05	0,04
7	р. Балахлей – с. Балахлей	0,13	0,08	0,06	0,04
8	р. Агитка – юрты Митькинские	0,46	0,32	0,13	0,09

Пространственное распределение модуля минимального зимнего стока показало закономерное его увеличение по территории бассейна с юга на север, которое совпадает с направлением течения главной реки (рис. 1). В этом же направлении уменьшается глубина залегания подземных вод и их запасы растут в связи с увеличением общей увлажненности бассейна. В верховьях рр. Емец и Вагай сток наименьший и изменяется от 0,10 до 0,12 л/(сек*км²). В среднем течении Вагая, в том числе в бассейнах рр. Суэтяк и Балахлей, он возрастает до 0,14 л/(сек*км²). На севере бассейна, т.е. в низовьях р. Вагая, и в бассейнах его притоков рр. Ашлык и Агитка минимальный зимний сток достигает наибольших значений от 0,16 до 0,18 л/(сек*км²).

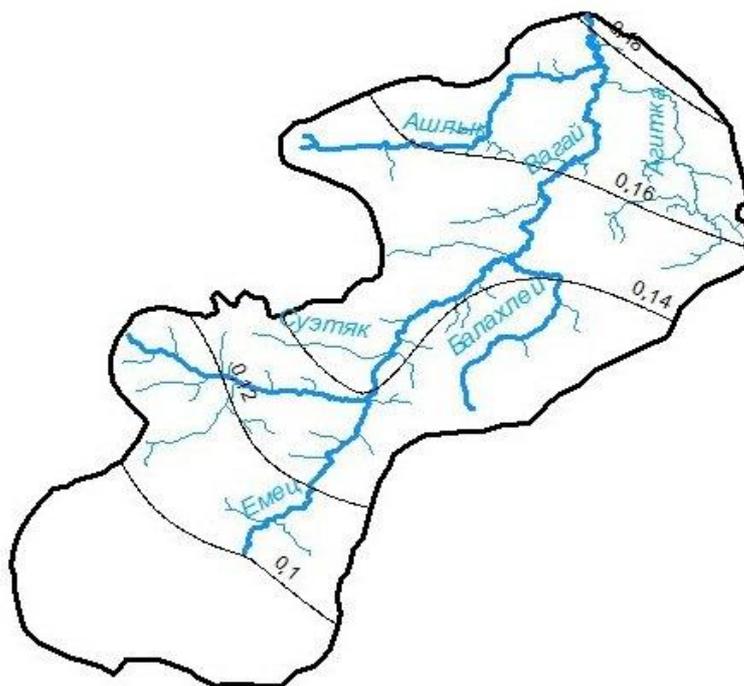


Рис. 1. Пространственное распределение минимального зимнего стока в бассейне р. Вагай, л/(сек*км²)

Коэффициент вариации минимального зимнего стока увеличивается с юго-востока (в бассейне р. Емец 0,3) на северо-запад (в бассейне р. Суэтык 0,76) (рис. 2). Высокие значения C_v на р. Суэтык можно объяснить непостоянством питания подземными водами реки, связанными с особенностями геоморфологического строения ее бассейна. Долина реки широкая, что может говорить о неглубоком врезе русла реки. Соответственно, питание грунтовыми водами, особенно в зимний период, когда осадки не пополняют их запасы вообще, а накапливаются на водосборе, незначительно, в особенности, после засушливых теплых периодов, характерных для лесостепной зоны. В связи с этим, в особо холодные годы на реке отмечается промерзание до дна. Снижение коэффициента вариации в бассейне Вагая в южном, восточном и северных направлениях связано с тем, что у рек, впадающих в него с этих направлений, долины имеют трапециевидную форму, что говорит о более глубоком дренировании подземных вод. Кроме того, в бассейнах этих рек имеются достаточно крупные озера, которые так же обеспечивают постоянный сток меженного периода.

Пространственное распределение минимальных зимних расходов 80 и 95%-ных обеспеченностей закономерно увеличиваются по территории бассейна с юга на север так же как и норма минимального зимнего стока. В верховьях рр. Емец и Вагай минимальные зимние расходы 80 и 95%-ных обеспеченностей наименьшие, составляя 0,08 и 0,062 л/(сек*км²), соответственно. В среднем течении Вагая, в бассейне р. Балахлей и верховьях р. Ашлык минимальные зимние расходы 80 и 95%-ных обеспеченностей возрастают до 0,09 и 0,064 л/(сек*км²), соответственно. На самом севере в низовьях р. Вагай и в бассейне р. Агитка минимальный зимний сток 80 и 95%-ных обеспеченностей наибольший и составляет, соответственно, 0,1 и 0,068 л/(сек*км²).

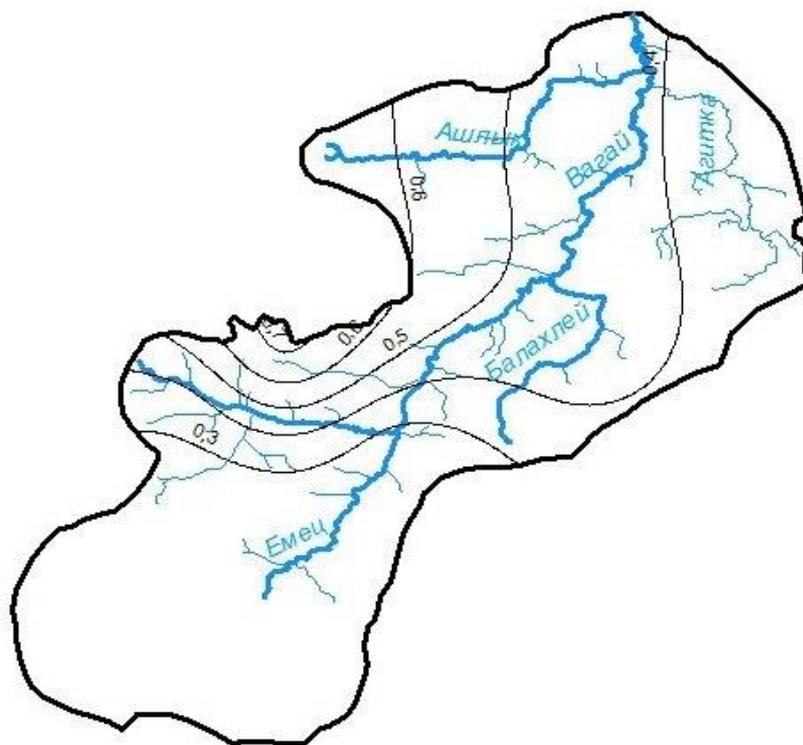


Рис. 2. Пространственное распределение коэффициента вариации минимального зимнего стока в бассейне р. Вагай, л/(сек*км²)

Количество водных ресурсов меженных периодов в бассейнах рек является важным фактором устойчивого социально-экономического развития их территорий. В особенности проблема водопользования и водопотребления остается наиболее актуальной в пределах бассейнов с оптимальным и недостаточным увлажнением, т.к. эти районы обычно отличаются наибольшей хозяйственной освоенностью и, как следствие, нехваткой поверхностных водных ресурсов. Полученные результаты распределения статистических параметров минимального зимнего стока в бассейне р. Вагай помогут более точной оценке экстремальных значений этого вида стока для слабо изученных и неизученных водосборов и, как следствие, принятию эффективных управленческих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология СССР. Т. 16: Западно-Сибирская равнина. (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская обл.) / М-во геологии РСФСР. Зап.-Сиб. науч.-исслед. геол.-развед. нефтяной ин-т (Зап.-СибНИГНИ). Науч.-исслед. ин-т геологии Арктики (НИИГА); Ред. В.А. Нудер. – М.: Недра, 1970. – 367 с.
2. Комлев А.М. Исследования и расчеты зимнего стока рек Западной Сибири: Автореферат дис. на соискание ученой степени доктора географических наук / А.М. Комлев. – Пермь, 1970. – 27 с.
3. Лезин В.А. Реки юга Тюменской области / В.А. Лезин – Тюмень, 1999. – 196 с.
4. Лучшева А.А. Практическая гидрология / А.А. Лучшева – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 440 с.

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ОЗЕРАХ ПИЖАНСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Русских, Е.А. Скочилова
russkikh_liza03@mail.ru

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Россия

Проблема ухудшения экологического состояния природных водоемов в настоящее время становится наиболее острой. Человек своей деятельностью наносит непоправимый ущерб водным экосистемам, влияя на качество воды. Одним из элементов, загрязняющим водные объекты, является азот в его различных формах. Опасность увеличения концентрации азотистых соединений в водах заключается в ускорении процесса эвтрофикации водоемов, что может привести к гибели требовательной к кислороду фауны [6]. Антропогенному эвтрофированию наиболее подвержены маленькие озера и реки, которые имеют небольшую способность к самоочищению за счет малой разбавляющей способности речного потока [5].

Целью исследования являлось изучение содержания минеральных форм азота в озерах Лежнинское, Ахмановское и Никулятское, расположенных в Пижанском районе Кировской области.

Для Пижанского района, славящегося своими многочисленными озерами, главной туристической достопримечательностью являются озера Лежнинское и Ахмановское. Они не только являются прекрасным местом отдыха, но и имеют статус государственных памятников природы регионального значения. Озеро Никулятское также представляет интерес для изучения тем, что находится на стадии исчезновения. Из-за искусственно направленной в озеро реки Ирки оно меняет свой столетиями формировавшийся

водный режим. Кроме того, особенность выбранных озер заключается в том, что они связаны между собой подземными протоками.

Для проведения сравнительного анализа с каждого из трех озер были взяты пробы воды. Отбор проб производился в полном соответствии с требованиями ГОСТа 59024-2020. В ходе исследования проводились анализы содержания различных форм азота – аммонийного, нитритного и нитратного. Исследование проводилось фотометрическим методом, приведенным в таких нормативных документах, как: ПНД Ф 14.1:2:3.1-95, ПНД Ф 14.1:2:4.3-95, ПНД Ф 14.1:2:4.4-95 [2; 3; 4].

В природной воде всегда присутствуют ионы аммония, пусть и не в больших концентрациях. Азот в аммонийной форме представляет собой часть биологического круговорота веществ, участвуя в азотном цикле. Повышенное его содержание может указывать на загрязнение водоема бытовыми стоками близлежащих населенных пунктов. Предельно допустимые значения содержания ионов аммония не должны превышать $0,5 \text{ мг/дм}^3$. Данные о содержании азота аммонийного в пробах воды оз. Лежнинское, оз. Ахмановское и оз. Никулятское представлены на рисунке 1. На основании этих данных можно сказать, что самое высокое содержание ионов аммония в озере Никулятское. Оно составляет $0,562 \text{ мг/дм}^3$, этот показатель больше установленного норматива. В озере Ахмановское и Лежнинское данный показатель находится в пределах предельно допустимой концентрации и равнялся $0,55 \text{ мг/дм}^3$ и $0,085 \text{ мг/дм}^3$ соответственно. При сравнении содержания аммонийного азота в пробах воды с исследуемых озер, можно заметить, что в озере Никулятское содержание данного показателя выше, чем в пробах воды с озера Лежнинское в 6 раз. Также при сравнении данных с озера Ахмановское видно, что исследуемый показатель больше показателя озера Лежнинское в 6 раз.

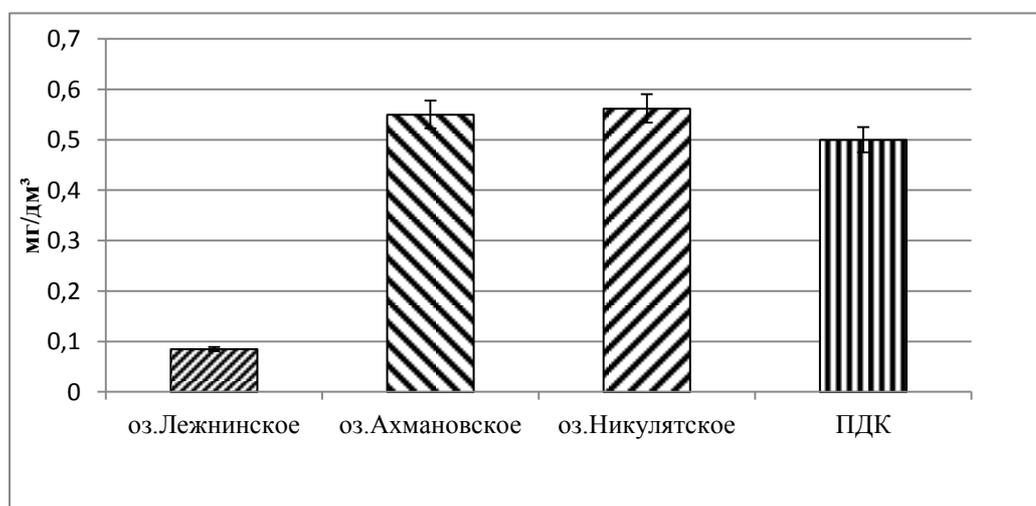


Рис. 1. Содержание ионов аммония в пробах воды

Обнаружение в воде нитритов связано с частичным разложением органических соединений. Нитрит-ионы являются промежуточными компонентами в процессе нитрификации и легко окисляются до нитратов, поэтому их содержание в водоемах обычно невелико. Однако увеличение количества органических веществ приводит к тому, что нитриты накапливаются в воде. Содержание нитритов в водных объектах не должно превышать $0,08 \text{ мг/дм}^3$. На рисунке 2 представлены значения содержания нитрит-ионов в исследуемых озерах. Содержание азота нитритного во всех исследуемых пробах не превышает установленного норматива и составляет: в озере Лежнинское $0,085 \text{ мг/дм}^3$, в озере Ахмановское $0,08 \text{ мг/дм}^3$, в озере Никулятское $0,065 \text{ мг/дм}^3$.

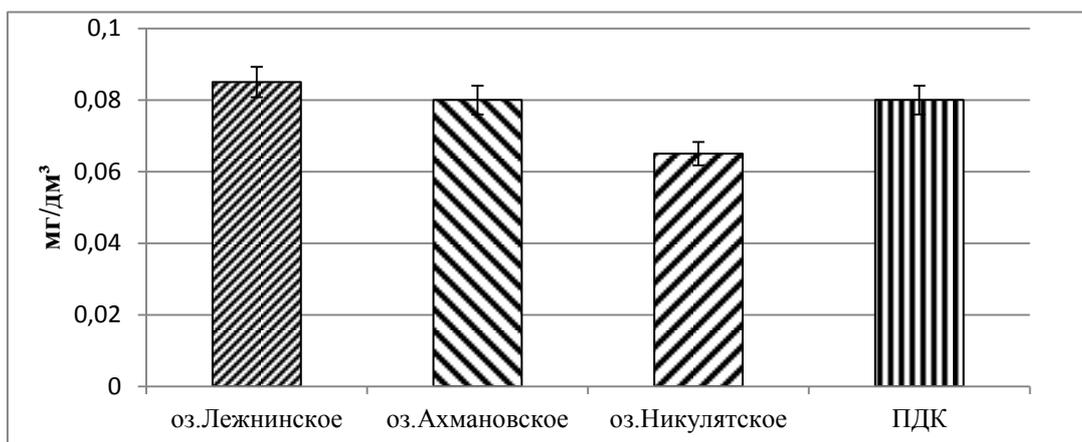


Рис. 2. Содержание нитрит-ионов в пробах воды

Для содержания нитратов предельно допустимая концентрация равна 40 мг/дм^3 . Нитратная форма азота является окончательным продуктом распада азотсодержащих соединений. Увеличение количества нитрат-ионов может быть связано с: нитрификацией ионов аммония под действием нитрифицирующих бактерий [1], сельскохозяйственными стоками, содержащими азотные удобрения; промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами; сбросными водами с орошаемых полей и так далее. Содержание нитрат-ионов в выбранных озерах представлены на рисунке 3. Исходя из этих данных, можно увидеть, что в пробе воды с оз. Лежнинское содержание азота нитритного составляет $0,746 \text{ мг/дм}^3$, в пробе с оз. Ахмановское – $0,905 \text{ мг/дм}^3$, а в пробе с оз. Никулятское – $1,724 \text{ мг/дм}^3$. При сравнении данных можно заметить, что в озере Никулятское содержание нитрат-ионов выше, чем в озере Ахмановское в 2 раза. В пробе с озера Лежнинское содержание нитратного азота в 2 раза ниже, чем в пробе с озера Никулятское. Однако при этом превышения предельно допустимой концентрации в каждой из трех проб обнаружено не было.

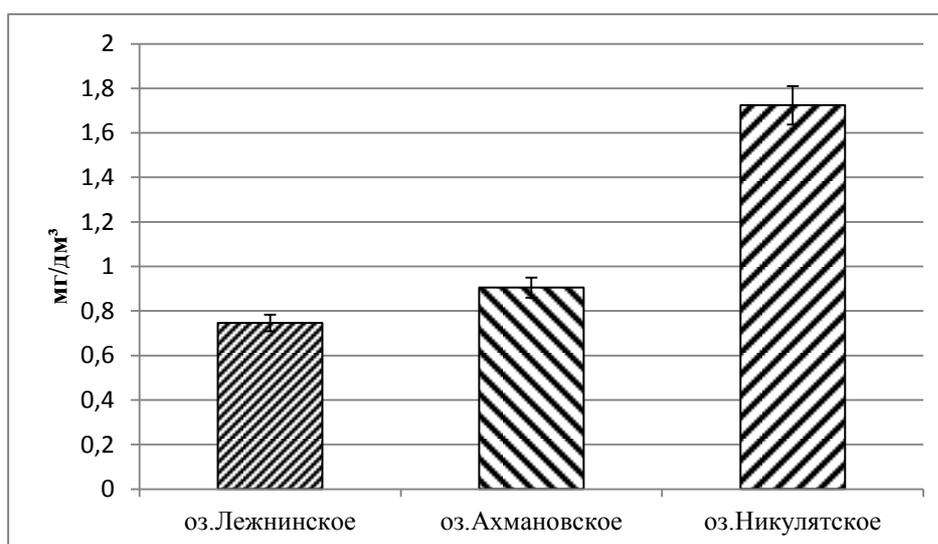


Рис. 3. Содержание нитрат-ионов в пробах воды

Таким образом, в данном исследовании было обнаружено превышение предельно допустимой концентрации аммонийного азота в оз. Никулятское. Остальные изученные показатели находятся в пределах нормы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голованева А.Е. Микробиологическая трансформация азота в озере Халактыском (Камчатский край) / А.Е. Голованева, Н.А. Ступникова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – №6 (96). – С. 38-44.

2. ПНД Ф 14.1:2:3.1-95. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера // Библиотека нормативной документации: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293850/4293850892.pdf> (дата обращения: 10.07.2024).

3. ПНД Ф 14.1:2:4.3-95. Методика измерения массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса // Библиотека нормативной документации: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293808/4293808620.pdf> (дата обращения: 10.07.2024).

4. ПНД Ф 14.1:2:4.4-95. Методика измерения массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой // Библиотека нормативной документации: [сайт]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293808/4293808610.htm> (дата обращения: 10.07.2024).

5. Соловьева Ю.А. Особенности сезонной динамики растворенных форм азота в малых и средних реках центрального Черноземья / Ю.А. Соловьева, М.В. Кумани // Вода: химия и экология. – 2013. – №3. – С. 18-24.

6. Чупакова А.А. Биогенные элементы в разнотипных озерах бореальной зоны / А.А. Чупакова, С.Д. Прасолов, О.Ю. Морева, Н.С. Прилуцкая // Успехи современного естествознания. – 2023. – №10. – С. 101-106.

АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИИ ВОДОЕМОВ КАЛИНИНСКОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ОКРУГА ГОРОДА ТЮМЕНИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКРЕАЦИИ

А.В. Самсонова, Л.В. Переладова
samsonova.alena03@gmail.com, LORA-geograf@mail.ru

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Тюмень сегодня – быстро растущий и развивающийся город Российской Федерации. По данным Росстата, численность населения столицы Тюменской области на 1 января 2019 года составляла 788 068 человек, а на 1 января 2024 года достигла 861 096 человек [7], т.е. за 5 лет увеличилась почти на 10 %, в связи с чем растет потребность в организации новых зон для отдыха населения. Наиболее привлекательным для этих целей является отдых на воде и у воды. В черте города Тюмень, включающего 4 административных округа (АО), имеется большое число естественных и искусственных водоемов, которые могут быть использованы для целей развития городской рекреации. Для Восточного и Ленинского АО Тюмени ранее уже была проведена оценка рекреационного потенциала водоемов [1, 4, 5, 6] и даны рекомендации по их использованию. В настоящее время подходит к завершению исследование водоемов Центрального АО. Начато

изучение водоемов Калининского АО г. Тюмени, в пределах которого более десяти естественных и искусственных озер было отобрано для обследования.

Территория исследования расположена на правом берегу реки Тура, где выражены пойменная и три надпойменных террасы. Особенностью рельефа является равнинность с понижением в направлении с юго-запада на северо-восток в диапазоне высот 68-112 м БС. Водный режим водоемов города формируется в условиях континентального климата умеренного климатического пояса, где среднегодовая температура воздуха составляет +2,4°C, среднемесячная температура июля +18,7°C, января – -19,2°C, при среднегодовом количестве осадков 476 мм, большая часть которых выпадает в летний период. Озера питаются преимущественно атмосферными осадками, в меньшие степени – грунтовыми водами. Ледостав на озерах начинается в конце октября-начале ноября, и является устойчивым до апреля. Толщина льда к концу зимы достигает 70-80 см. [2]

На первом этапе в пределах территории Калининского АО г. Тюмени с помощью космоснимков Google Earth выявлено 53 водоема. Однако, большая часть искусственно созданных водоемов используется для технических нужд в пределах дачных сообществ, поэтому для исследования отобрано 13 водоемов, которые предположительно могли бы представлять в дальнейшем интерес для развития городской рекреации (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема «Исследуемые водоемы Калининского АО г. Тюмень»

Таблица 1

Характеристики исследуемых водоемов Калининского АО г. Тюмени

№	Название водоёма	Местоположение	Происхождение	Площадь водоема (км ²) и класс водоема	Класс озера по водному балансу	Класс озера по форме озерной котловины
1	Водоем без названия № 1	Район ул. Коммунистическая	Старица	0,005 км ² (Озерки)	Бессточное	Озера, вытянутые в виде "борозды"
2	Озеро Цимлянское	севернее Дома отдыха "Оловянного" района	Природно-антропогенное	0,143 км ² (Очень малые)	Сточное	Озера, вытянутые в виде "борозды"
3	Водоем без названия №2	Ул. Бабарынка	Природно-антропогенное	0,013 км ² (Озерки)	Сточное	Озера, по форме близкие к овалу
4	Пруд Полевой	район ул. Мельзаводская – Полевая	Природно-антропогенное	0,024 км ² (Озерки)	Сточное	Озера, по форме близкие к овалу
5	Водоем без названия №3	Ул. Октябрьская	Искусственное	0,003 км ² (Озерки)	Бессточное	Озера, по форме близкие к окружности
6	Водоем без названия №4	Ул. Октябрьская	Искусственное	0,016 км ² (Озерки)	Бессточное	Озера, по форме близкие к овалу
7	Пруд Оловянного	район экопарка «Затюменский»	Природно-антропогенное	0,010 км ² (Озерки)	Сточное	Озера, по форме близкие к овалу
8	Пруд Березовый	в юго-западной части г. Тюмени к северу от ж/дороги, параллельно окружной дороге	Искусственное	0,005 км ² (Озерки)	Бессточное	Озера, по форме близкие к овалу
9	Пруд Плехановский	южнее микрорайона Плеханово	Искусственное	0,005 км ² (Озерки)	Бессточное	Озера, по форме близкие к окружности
10	Пруд Южный	севернее Дома отдыха "Оловянного" района	Искусственное	0,014 км ² (Озерки)	Бессточное	Озера, по форме близкие к окружности
11	Озеро Большой Тараскуль	район с/о "Тараскуль"	Естественное (остаточное озеро)	1,473 км ² (Малые)	Бессточное	Озера, по форме близкие к окружности
12	Озеро Малый Тараскуль	район с/о "Тараскуль"	Естественное (остаточное озеро)	1,046 км ² (Малые)	Бессточное	Озера, по форме близкие к окружности
13	Водоем без названия № 5	район с/о "Тараскуль"	Естественное (остаточное озеро)	0,023 км ² (Озерки)	Бессточное	Озера, по форме близкие к овалу

В ходе изучения, эти водоемы были классифицированы по происхождению, а также по результатам измерений целого ряда морфометрических показателей (площадь, форма и др.) [3] по состоянию на 9 мая 2023 года (табл. 1).

Анализ полученных данных показал, что из 13 озер 4 водоема имеют естественный генезис (Малый и Большой Тараскуль, водоем без названия №1 и №5), 4 – природно-антропогенный (озеро Цимлянское, пруд Оловянного, пруд Полевой и водоем без названия №2) и 5 водоемов – антропогенное происхождение (пруды Плехановский, Березовый, Южный, водоемы без названия №3 и №4) (таблица).

Большинство из исследуемых водоемов являются бессточными. Однако озеро Цимлянское, водоем без названия №2, пруд Полевой и пруд Оловянного имеют сточный характер, так как созданы на р. Бабарынка (таблица).

По площади водного зеркала большинство исследуемых водоемов относятся к озерам, т.к. их площадь составляет менее 0,1 км². Самыми большими по площади (более 1 км²) на территории исследования являются озера Малый и Большой Тараскуль. Озеро Цимлянское по площади относится к очень малым, так как этот показатель находится в диапазоне от 0,1 до 1 км² (таблица).

По форме котловины большинство озер относится к озерам близким к овалу (пруд Полевой, пруд Оловянного, пруд Березовый, водоемы без названия № 2, 4 и 5). Форму, близкую к окружности имеют пруды Плехановский и Южный, Большой и Малый Тараскуль и водоем без названия № 3. Формой вытянутой в виде «борозды» характеризуются озеро Цимлянское и водоем без названия №1 (таблица).

По показателю изрезанности береговой линии все исследуемые водоемы отнесены к водоемам со слабо изрезанной береговой линией.

Исследование вовлеченности водоемов территории Калининского АО г. Тюмени в городскую рекреацию показал, что только у 2 озер (Большой и Малый Тараскуль) из 13 акватории и околководные ландшафты благоустроены и активно используются круглогодично для лечебных целей (грязи), а летом, как пляжи. На Малом Тараскуле обустроены два причала для прогулок и рыбной ловли. На обоих озерах добывается сапропель, а на Малом Тараскуле еще хлоридно-натриевая термальная вода. На прилегающей территории к озерам организованы детский реабилитационный центр «Большой Тараскуль» и санаторий «Тараскуль». Прибрежная территория в районе пруда Южный благоустроена и используется для комфортного отдыха во время пеших прогулок местными жителями. Остальные водоемы на настоящий момент не благоустроены и для организации отдыха городского населения практически не используются.

Таким образом, проведенное исследование позволило понять, что водоемы территории Калининского АО г. Тюмени крайне слабо изучены. Выполненные работы по определению морфометрических характеристик озер наряду с планируемыми на лето 2024 года натурными наблюдениями позволят в дальнейшем оценить рекреационный потенциал ряда городских водоемов Калининского АО г. Тюмени согласно разработанной методике [4,5,6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурьев Н.Е., Переладова Л.В. Проблемы и перспективы использования рекреационного потенциала озер города Тюмени // Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Материалы II Международной конференции (19–24 мая 2019 г.). Ч.1. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2019. – С. 60–62.

2. Иваненко А.С. Окрестности Тюмени. – 2-е изд., перераб. – Тюмень: Изд-во Слово, 1999. – 240 с.

3. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. – СПб: Издательство РГГМУ, 2009. – 160 с.

4. Переладова Л.В., Гурьев Н.Е. Оценка ландшафтно-рекреационного потенциала водоемов города Тюмени // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения: материалы XIV Международной ландшафтной конференции, Воронеж, 17–21 мая, 2023. Том 2. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2023. – С. 119–120.

5. Попович А.Е. Оценка рекреационного потенциала водоемов территории Ленинского административного округа города Тюмени: выпускная квалификационная работа (бакалаврская работа) студентки 4 курса очной формы обучения по направлению подготовки 05.03.02 География, профиль "Физическая география и ландшафтоведение" / А.Е. Попович; научный руководитель Л.В. Переладова; Тюменский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра физической географии и экологии. – Тюмень, 2021. – 70 с.

6. Попович А.Е., Переладова Л.В. Исследование городских водоемов для оценки рекреационного потенциала // Сборник материалов участников XVII Большого географического фестиваля, посвященного 195-летию российского кругосветного путешествия Ф.П. Литке (1826–1829 гг.). [Электронное издание]. – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2021. – С. 183–187.

7. Численность и состав населения / Демография // Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>. (дата обращения: 10.07.2024).

ПРОБЛЕМА ОХРАНЫ И МЕРЫ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА РОДНИКОВЫХ ВОД СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Г.А. Сигора, Т.Ю. Смоленская, Л.А. Ничкова

gasisgora@mail.sevsu.ru, tykhomenko@mail.sevsu.ru, nichkova@mail.sevsu.ru

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия

Расширяющееся использование природных ресурсов вследствие роста населения и развития научно-технического прогресса приводит к их истощению и увеличению загрязнения природной среды отходами производства и потребления. Проблема загрязнения водных ресурсов является глобальным фактором влияния на жизнедеятельность человека и затрагивает все сферы жизни. Загрязнения и засорения подземных и поверхностных вод влечет за собой существенный вред животному и растительному миру. А проблема охраны и рационального использования водных ресурсов стала особенно актуальна в современных условиях.

Водные ресурсы города Севастополя представлены территориальными морскими водами Черного моря, поверхностными источниками водоснабжения (реками, водохранилищами, обводненными карьерами) и подземными водами (прудами, родниками, артезианскими источниками). Как источник водоснабжения подземные и родниковые воды имеют ряд преимуществ по сравнению с поверхностными: они, как правило, более чистые и качественные по химическому составу, лучше защищены от возможного загрязнения и заражения, в меньшей мере подвержены сезонным и многолетним колебаниям [3].

Загрязнение водной среды в городе Севастополе обусловлено влиянием источников природного и антропогенного происхождения. К первым относится интрузия морской воды, содержащей нормированные вещества в несоответствующих концентрациях для подземных вод. Загрязнение также может происходить через атмосферу путем выпадения и последующей инфильтрации осадков, вследствие прохождения «чистых» осадков через загрязненную поверхность земли. Источниками антропогенного происхождения можно считать предприятия, деятельность которых направлена на добычу полезных ископаемых, строительные работы, источники загрязнения в областях сельскохозяйственной деятельности. Сельское хозяйство — масштабный источник загрязнения водных объектов биогенными элементами, пестицидами, органическими и минеральными веществами. Одной из опасных причин загрязнения подземных вод является утечка жидких отходов и канализационных стоков при авариях на трубопроводах. Также рост численности населения влечет застройку территорий, вследствие чего увеличивается число автомагистралей, зданий и сооружений. Город Севастополь относится к числу туристических центров, что влияет на рост гостиниц, отелей, развлекательных центров и приводит к увеличению автотранспорта, особенно в туристический сезон. Это все влечет за собой увеличение уровня загрязнения в экологической цепочке. Конечным итогом всех этих процессов является исчезновение родников или, как минимум, засорение и ухудшение качества родниковой воды.

С 2018 года научной группой кафедры «Техногенная безопасность и метрология» СевГУ ведутся исследования качества родниковых вод Севастопольского региона, результатом которых стала разработка интерактивной экологической карты, где на основе существующих данных и проведенных исследований указана актуальная информация о расположении родников, дана их характеристика и степень загрязненности по химическому составу.

Это очень важное исследование, которое дает осознание масштаба проблемы загрязнения родниковых вод [2–5]. Информация, полученная в результате исследования, может способствовать разработке мер по защите и очистке родниковых источников, что в конечном итоге приведет к улучшению экологической ситуации в регионе.

На данный момент исследовано более 70 источников, из которых 35% относятся к группе «чистые», 15% к группе «условно чистые» и 47% «загрязненные» [3]. Большая часть родников, относящиеся к группе «чистые», располагаются за чертой города. Источники, находящиеся в пределах города или в ближайшем пригороде, наиболее загрязнены химическими выбросами от производств, техники, отходами подземных коммуникаций.

При исследовании качества родниковых вод необходимо учитывать нестабильность их химического состава, так как с сезонностью качество воды неизменно меняется. Любой источник должен подвергаться лабораторным анализам минимум два раза в год (весной и осенью). Если по результатам однократной проверки вода признана пригодной для употребления, то это не значит, что в следующем сезоне она такой и останется. Необходимо учитывать также и тот факт, что устья большинства источников находятся не в санитарной зоне и не подвергаются дезинфекции.

Для ежегодного изучения изменения химического состава родниковых вод на начало 2024 года был проведен анализ 5 ранее исследованных родников, ранжированных по трем разным категориям и расположенных в разных частях города (для большего охвата территории):

- НФП Муссон;
- СТ «Родничок»;

- Балаклава;
- Лабораторное шоссе;
- Максимова дача.

По данным за 2023 год к «загрязненным» источникам относились родник на Лабораторном шоссе, что естественно, имея такое расположения вблизи дороги, родник на улице Горпищенко и на Максимовой даче. В водах этих источников зарегистрированы превышения ПДК (предельно допустимой концентрации) измеряемых показателей в 2 и более раза. К группе «условно чистые» относился родник в Балаклаве вблизи дороги, где также есть превышения ПДК. И самым чистым из выбранных источников является скважина НФП «Муссон» (нет ни одного превышения по исследуемым показателям).

В результате исследования на начало 2024 года качество воды в роднике на Максимовой даче, по сравнению с 2023 годом, ухудшилось почти в два раза по показателю нитрат-иона – 400,3 мг/л при норме 45 мг/л.

С источником на Лабораторном шоссе ситуация несколько не лучше, так как сейчас количество нитратов составляет 419,21 мг/л. На улице Горпищенко показатель нитрат-иона превышает ПДК почти в 10 раз — 438,9 мг/л.

Родник, расположенный в Балаклаве спустя год относится к числу «загрязненных», так как содержание нитратов в воде составило 196,1 мг/л, что превышает норму более чем в 4 раза.

Единственный из выбранных источников, не подвергшийся изменениям спустя год, является скважина НФП «Муссон» – нет превышения ни по одному показателю.

Все эти пять источников имеют нормированную общую жесткость (от 2,5 до 7,5 мг-экв/л), рН в пределах нормы (7-7,5), показатель по нитритам также не превышает норму (не более 0,9 мг/л). По органолептическим показателям вода во всех пяти родниках за анализируемый период соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, установленным СанПиН 2.1.3684–21: запах не ощущается (0 баллов), привкус не ощущается (0 баллов), цветность и мутность ниже установленных нормативов [1].

Таким образом, спустя год показатели качества подземной воды некоторых источников только ухудшаются. Недостаточный уход и контроль, использование удобрений, незаконные выбросы сточных вод, аварии на предприятиях, все это влечет за собой непоправимое последствие на состояние подземной гидросферы города.

В Севастопольском регионе проблема с благоустройством родников является довольно острой. Родники, которые должны быть местами природной красоты и источниками чистой питьевой воды для жителей, часто оставлены без должного внимания. На многих из них отсутствуют необходимые инфраструктурные объекты, такие как защитные ограждения и урны. В результате вокруг родников скапливаются мусор и отходы, что негативно влияет на экологическую ситуацию в целом. Кроме того, отсутствие надлежащей защиты и контроля может привести к еще большему загрязнению воды и ухудшению ее качества. Все эти факторы затрудняют доступ к чистой питьевой воде и создают проблемы для жителей города.

Для решения проблемы с благоустройством родников необходимо провести комплекс мероприятий. В первую очередь, следует организовать мониторинг состояния родников и их окружающей территории, чтобы выявить проблемные зоны и определить необходимые меры по улучшению ситуации. Необходимо создать базу данных, которая будет содержать в себе местонахождение родника, описание благоустройства территории вблизи источника и результаты анализа воды. На данный момент такая база существует и является полезным источником информации для дальнейшего исследования.

Следующим этапом, после разработки базы, является организация мероприятий

по облагораживанию территорий. Данную цель можно достигнуть привлекая как волонтеров на базе города или студентов ВУЗов, так и обычных жителей, обеспокоенных экологической обстановкой своего города. Для этого можно организовать добровольческие акции по уборке и облагораживанию территорий вокруг родников.

Важным шагом является проведение информационной кампании среди населения о значимости сохранения родников и необходимости соблюдения правил экологической безопасности при посещении этих мест.

Проведения уроков в школах, организация ряда лекций в колледжах и университетах о состоянии окружающей среды в городе будут способствовать повышению экологического воспитания молодежи.

Для эффективной работы по благоустройству родников необходимо создать координационный центр, который будет заниматься планированием и координацией всех мероприятий по улучшению состояния родников в городе Севастополе.

Реализация данных мероприятий позволит значительно улучшить состояние родников, обеспечить доступ к чистой питьевой воде и создать благоприятные условия для жителей региона.

Следующей мерой по улучшению качества родниковых вод является регулярный мониторинг качества. Для этого все источники необходимо исследовать каждые полгода для получения достоверной информации о химическом составе воды. «Загрязненные» и «условно чистые» родники необходимо анализировать регулярно, желательно, два раза в месяц. Частота и регулярность необходима для отслеживания динамики загрязненности источников и выявления факторов ухудшения.

Для большей информации об объектах исследования необходимо увеличить число измеряемых показателей. Это даст возможность понять причины непригодности воды.

Существует большое количество факторов, которые прямо или косвенно влияют на качество водных объектов. Улучшение законодательной базы и привлечение ответственности к вопросам о состоянии окружающей природной среды позволит решить ряд экологических проблем, в частности, проблему загрязнения подземных и родниковых вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – 2021. – 987 с.
2. Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Ляшко Т.В., Ничкова Л.А. Проблема исследования экологического состояния родников Севастопольского региона // Экономика строительства и природопользования, Симферополь. – 2019. – № 1(70). – С. 115-123.
3. Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Ляшко Т.В., Шевцова Ж.А., Ничкова Л.А. Критерии ранжирования качества родниковых вод Севастопольского региона // Экономика строительства и природопользования, Симферополь. – 2019. – № 4 (73). – С. 16-23.
4. Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Ничкова Л.А. Разработка методического обеспечения экологического мониторинга подземных вод Севастопольской области // Системы контроля окружающей среды. – 2020. – № 2 (40). – С. 5-12.
5. Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю. Оценка родниковых вод Севастопольского региона как альтернативного источника питьевой воды // Экономика строительства и природопользования, Симферополь. – 2022. – № 3 (84). – С. 61-66.

ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОВ ПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕССИНГА (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ СЕТУНЬ И ГРУППЫ КОСИНСКИХ ОЗЕР)

С.С. Соловьева^{1,2}, Л.Е. Ефимова¹
ef_river@mail.ru

¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

²*ГЕОХИ имени В.А. Вернадского РАН, г. Москва, Россия*

Введение. Присутствие в воде органических веществ имеет как положительное, так и отрицательное воздействие на водные экосистемы [4]. Положительное влияние проявляется в способности связывать металлы и др. токсичные вещества; делает доступными для водорослей катионы питательных веществ; усиливает интенсивность дыхания и питания микроорганизмов. Неблагоприятное воздействие на экосистему проявляется в ухудшении распространения солнечного света в воде, в низкой продуктивности, из-за иммобилизации микроэлементов, поглощения света и повышенной кислотности. Ухудшается качество питьевой (по органолептическим свойствам и присутствию фенолов) и технологической воды (стимулирует зарастание трубопроводов, способствует коррозии металла, мешает хлорированию). Особенно эти проблемы обостряются в условиях постоянного антропогенного прессинга, когда нарушаются естественные условия функционирования экосистем, и снижается способность к самоочищению. Метод спектрофотометрии позволяет быстро получить информацию о количестве и составе растворенного органического вещества, их изменении, и выделить водные объекты более подверженные преобразованиям в результате антропогенного воздействия [5].

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были выбраны Косинские озера (Белое, Черное, Святое) и наиболее крупные водотоки бассейна реки Сетунь (Сетунь, Раменка, Алешинка, Навершка), расположенные в черте города Москвы и подверженные значительному антропогенному прессингу. Расчет индексов гумификации (D465/D650), соотношения аллохтонного и автохтонного вещества (D254/D436), средней молекулярной массы (D254/D365) и коэффициентов аCDOM проводился на основе спектральных кривых изменения оптической плотности, построенных для диапазона длин волн 190-1000 нм при помощи функционала программы SC-5400 на базе спектрофотометра ПЭ-5400 ВИ УФ в кварцевых кюветах с длиной пути пропускания 2 см.

Результаты и выводы. Для водных объектов, расположенных в черте города характерны низкие значения НИХ (индекс степени гумификации). Для городских водотоков среднее значение НИХ составляет 1,34 (диапазон от 0,89 до 1,86), тогда как для водотоков-аналогов, находящихся в приближенных к естественным условиям (Западная Двина, река Москва в створе Барсуки, река Протва в створе УНБ МГУ «Сатино») характерна большая вариабельность значений и повышенная величина индекса гумификации (среднее значение – 2,08).

Таблица 1

Особенности спектральных характеристик разнотипных водных объектов

		D465/D650	D254/D365	D254/D436	aCDOM380	aCDOM240
Городские водоемы	Пов-ть	<u>0,86 -2,00</u> 1,39	<u>5,28 -8,13</u> 6,63	<u>6,26 -15,0</u> 10,5	<u>3,80 -8,64</u> 5,95	<u>35,6 -64,9</u> 47,6
	дно	<u>0,88 -4,33</u> 1,58	<u>4,77 -9,21</u> 6,44	<u>6,98 -24,4</u> 11,9	<u>4,03 -8,18</u> 5,95	<u>36,0 -66,8</u> 51,3
Естественные водоемы	Пов-ть	<u>0,71 -2,40</u> 1,42	<u>3,17 -8,39</u> 5,26	<u>5,06 -26,2</u> 11,6	<u>1,50 -7,95</u> 4,36	<u>15,4 -63,6</u> 32,9
	дно	<u>0,75 -4,67</u> 1,79	<u>3,70 -8,64</u> 6,19	<u>7,26 -22,9</u> 14,1	<u>2,76 -21,99</u> 7,05	<u>41,6 -106,6</u> 53,2
Водотоки	Естественные	<u>1,00 -5,67</u> 2,08	<u>3,84 -9,63</u> 5,23	<u>7,12 -20,6</u> 13,7	<u>2,30 -16,58</u> 7,95	<u>27,5 -130,2</u> 59,4
	Городские	<u>0,89 -1,86</u> 1,34	<u>2,76 -9,56</u> 5,93	<u>3,89 -32,0</u> 14,0	<u>1,50 -6,45</u> 3,87	<u>16,0 -49,6</u> 33,8

Это обусловлено снижением притока почвенных гуминовых веществ в результате формирования так называемых «урбаноземов», уплотнения грунтов и уменьшения их водопроницаемости [2]. Значительную роль также играет распространение заасфальтированных территорий (доля которых в 2000-х гг. составляла менее 35%). Согласно данным [1], после застройки территории изменяется скорость фильтрации. Если на территориях ООПТ она составляет 4,22 мм/мин, то на территориях, покрытых асфальтовым, плиточным или гравийным покрытием, снижается до 0,4-3,3 мм/мин. В результате, значительная часть воды, поступающей на водосбор в периоды снеготаяния или дождевых паводков не успевает просочиться в грунт. Это увеличивает диффузный сток, с которым в водные объекты поступает большое количество взвешенных частиц и, в городской черте, зачастую, тяжелых металлов. Подобное перераспределение структуры стока приводит к увеличению доли высокомолекулярных окрашенных органических веществ, вступающих в комплексные соединения. Соответственно, количество растворенного хромофорного вещества снижается. Поэтому, при очень высоких максимальных значениях aCDOM величина коэффициента на 380 нм значительно ниже, чем для водных объектов, водосбор которых характеризуется малой степенью преобразования. Большой уклон спектральных кривых и значительный перепад величины aCDOM в диапазоне 200-240 нм связан с притоком большого количества легкоокисляемой органики (особенно в зонах плотной жилой застройки – рис. 2) [3].

Различия спектральных кривых антропогенно преобразованных водоемов и водотоков (рис. 1, рис 2) выражены более ярко, чем в случае с водными объектами, находящимися в приближенных к естественным условиям. При этом городские водоемы имеют более высокую степень гумификации и содержание хромофорных растворенных органических веществ, более приближенные к исходным спектральным характеристикам, чем водотоки. Это, во многом, обусловлено способностью водоемов к самоочищению и наличием зеленых буферных зон вокруг большинства городских озер, что несколько снижает антропогенную нагрузку и увеличивает количество поступающих в водоем высокомолекулярных гумусовых соединений. Как можно заметить по рисунку 1 в городских водоемах сохраняется локальное повышение значений оптической плотности на

длине волны 260-265 нм.

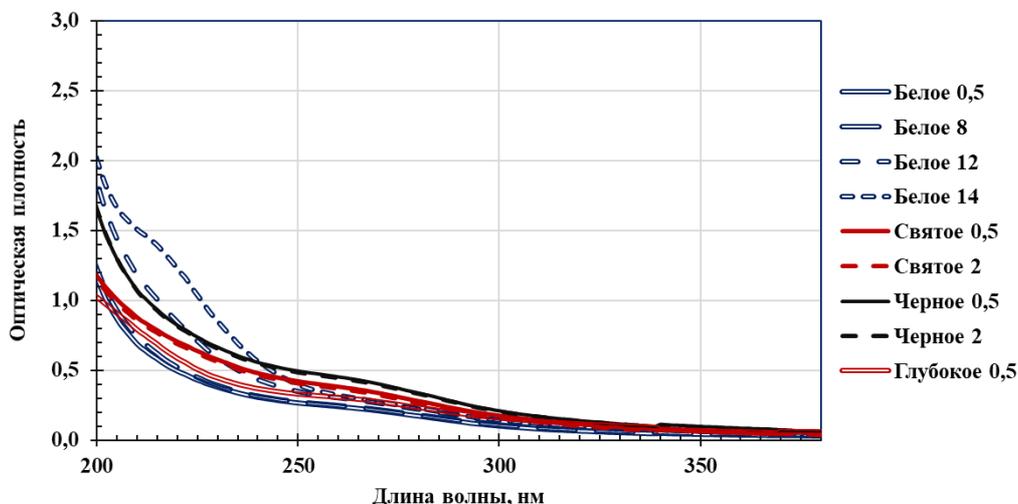


Рис. 1. Спектральные кривые светопоглощения РОВ в водах расположенных в черте г.Москвы Косинских озер и находящегося в естественных условиях оз. Глубокое (приведено для сравнения)

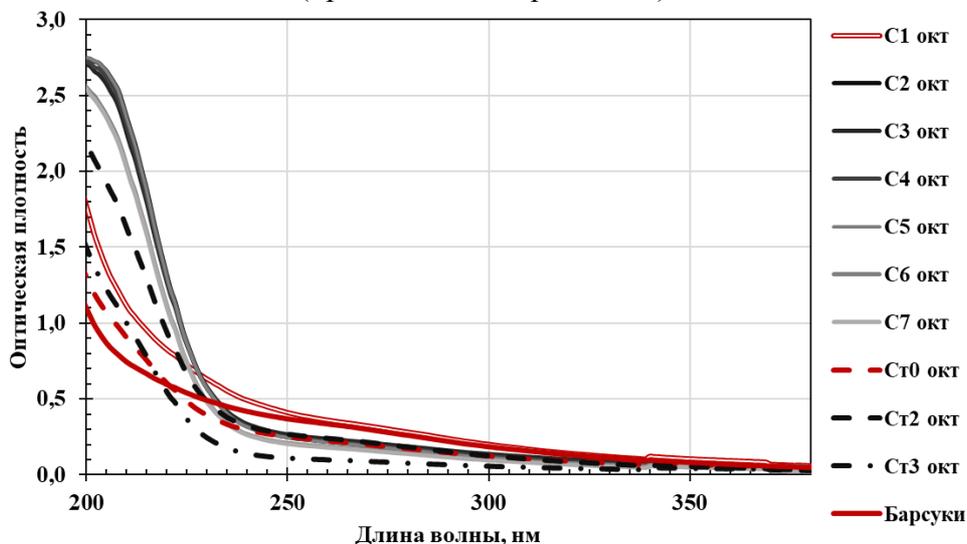


Рис. 2. Спектральные кривые светопоглощения РОВ городских водотоков бассейна р. Сетунь и реки Москва в створе Барсуки (приведена для сравнения со спектральными кривыми находящимися в естественных условиях водотоков)

Основным различием спектров антропогенно-преобразованных водоемов является близкая к экспоненциальной форма кривых светопоглощения в диапазоне 200-240 нм. Это связано с увеличением притока большого количества легко окисляемого органического вещества с коммунально-бытовыми стоками и повышением максимальных значений аСДОМ до 182-186 (в среднем; абсолютные максимумы достигали 254 – оз. Белое). Максимальные значения коэффициента содержания хромофорного РОВ для городских водоемов приблизительно в 1,3-2,3 (соответственно, для придонных и приповерхностных горизонтов) раза выше, чем для не подвергавшихся преобразованию озер (таблица 1). В придонных горизонтах озера Белое фиксировались изменения наклона спектральной кривой, которые могут быть связаны с процессами жизнедеятельности бентосных организмов и накоплением РОВ в придонных горизонтах. Для Косинских озер также

были характерны пониженные коэффициенты соотношения автохтонного и аллохтонного вещества (примерно на 10-15%), со средним значением по группе 10,5 – для приповерхностных слоев и 11,9 – для придонных. Характерно, что в первом случае снижение происходит за счет уменьшения значений верхнего квартиля (максимум – 15, против 26,2 в природных водоемах), а во втором – нижнего (6,98, при величине коэффициента для природных вод = 7,26).

Преобразование форм спектральных кривых и изменение значений спектральных индексов для протекающих в черте города рек производилось на примере водотоков бассейна реки Сетунь в сравнении со спектром поглощения РОВ в водах р. Москва в створе Барсуки. Точки пробоотбора, обозначенные индексами С1-С7 располагаются по течению реки Сетунь от Румянцевского ручья до устья в порядке нумерации. Индексами Ст0, Ст2 и Ст3 по мере удаления от верховьев обозначены устья таких притоков как Алешинка, Навершка и Раменка. Как можно видеть по рисунку 2 наибольшая степень преобразования РОВ фиксировалась в среднем течении реки Сетунь (С2-С5), подверженном значительному влиянию Очаковской промышленной зоны. Для этих точек характерно резкое возрастание оптической плотности в диапазоне 210-240 нм, наибольший диапазон значений аСДОМ в ультрафиолетовой области спектра и выход на плато на длинах волн 200-205 нм. Схожая форма спектральных кривых наблюдалась в водах ковшовых губ Карельского берега Белого моря, характеризующихся низкими коэффициентами гумификации и высокой минерализацией. Стоит заметить, что, несмотря на схожесть, высокоминерализованные городские реки обладают более сглаженной формой спектра. По мере снижения степени антропогенной нагрузки форма спектральных кривых приближается к характерной для естественных водотоков. Так, графики изменения оптической плотности в верховьях Сетуни и р.Москва в створе Барсуки в октябре 2024 года были практически идентичны по форме, отличаясь наклоном спектральной кривой в диапазоне 200-250 нм. Также по рисунку 2 хорошо заметно влияние зеленой буферной зоны в устье реки (заказник «Долина реки Сетунь»). В целом для данной группы водных объектов характерны низкие значения коэффициента, характеризующего степень гумификации, и низкие значения аСДОМ₃₈₀ и аСДОМ₂₄₀ (таблица 1), что во многом обусловлено преобладанием диффузного стока с заасфальтированных территорий. Среднее по группе значение составляет 1,34. Близкие значения (1,39) характерны и для городских водоемов. Максимальные показатели степени гумификации городских рек достигают 1,86, что примерно в 3 раза меньше значений, характерных для р. Москва в створе Барсуки. Из-за значительного изменения русловой сети в ходе застройки территории для большинства рек характерно наличие участков с различной скоростью водообмена (в том числе формирование запруд выше коллекторов), что обуславливает наибольшую вариабельность коэффициента, характеризующего соотношение алло- и автохтонного органического вещества (от 3,89 до 32). При этом среднее значение близко к характерному для естественных водотоков (14). Также в этой группе фиксировались максимальные значения коэффициента хромофорного РОВ (таблица 1), достигавшие 329. При этом минимальная зафиксированная величина аСДОМ_{max} (172 – Алешинка) была близка к наибольшим значениям в группе естественных водоемов (181 – для придонных горизонтов; 154 – для приповерхностных).

Заключение. По мере снижения степени антропогенной нагрузки форма спектральных кривых приближается к характерной для естественных водотоков

Для городских водосборов, в результате уплотнения и «запечатывания» грунтов характерно снижение степени гумификации и возрастание доли аллохтонного низкомолекулярного РОВ. За счет образования запрудных участков (в верхних створах коллек-

торов) и искусственных стремнин (в районах стеснения и спрямления русел) увеличивается вариабельность индексов хромофорного РОВ.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке НИР 23-Ш07-67 от 03.07.2023.

ЛИТЕРАТУРА

1. Китаев Л.М. Гидрологические особенности городских территорий: Автореферат на соискание ученой степени к.г.н., 2001. – 24 с.
2. Кошелева Н.Е., Цыхман А.Г. Пространственно-временные тренды и факторы загрязнения почвенного покрова Москвы // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2018. – Т. 26, № 2. – С. 207-236.
3. Соловьева С.С., Ефимова Л.Е. Влияние коллекторов на гидрохимическое состояние малых городских рек // ББК 26.8 Р27. – 2022. – С. 518.
4. Хатчинсон Д. Лимнология (перевод с англ.). – М.: Изд-во «Прогресс», 1969. – С. 507-530.
5. Zhang Yu., L. Zhou L., Zhou Y., Zhang L., Yao X., Shi K., Jeppesen E., Yu Q., Zhu W. Chromophoric dissolved organic matter in inland waters: Present knowledge and future challenges // Science of The Total Environment. 2021. V.759. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143550>.

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОЙ ОХРАНЕ И РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОВ КАРСТОВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ КРЫМСКОГО РЕГИОНА)

С.В. Токарев
tokcrimea@list.ru

*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Россия*

Согласно имеющимся глобальным оценкам [6], около 25% населения Земли зависит от ресурсов карстовых подземных вод, используя их в качестве источника водоснабжения. В отдельных странах (Австрия, Словения, Хорватия, Бельгия, Словакия, Франция, Италия) и крупных регионах (юго-западный Китай, штаты Техас и Флорида в США) доля карстовых вод в общем питьевом водопотреблении достигает 50% и более [5]. Показательным примером такого региона является Крымский п-ов, где подавляющая доля всех ресурсов пресных подземных вод (более 90%) содержится в трещинно-карстовых коллекторах, а карстовые источники играют ведущую роль в питании большинства рек и устроенных на них водохранилищ питьевого назначения [1]. На использовании карстовых вод основывается водоснабжение таких городов, как Симферополь, Севастополь, Ялта, Алушта, Феодосия и других крупных населенных пунктов Крыма (рис. 1). В условиях происходящего бурного социально-экономического развития региона и сохраняющейся вододефицитности особо остро встает вопрос сохранения качества и количества водных ресурсов Крымского полуострова.

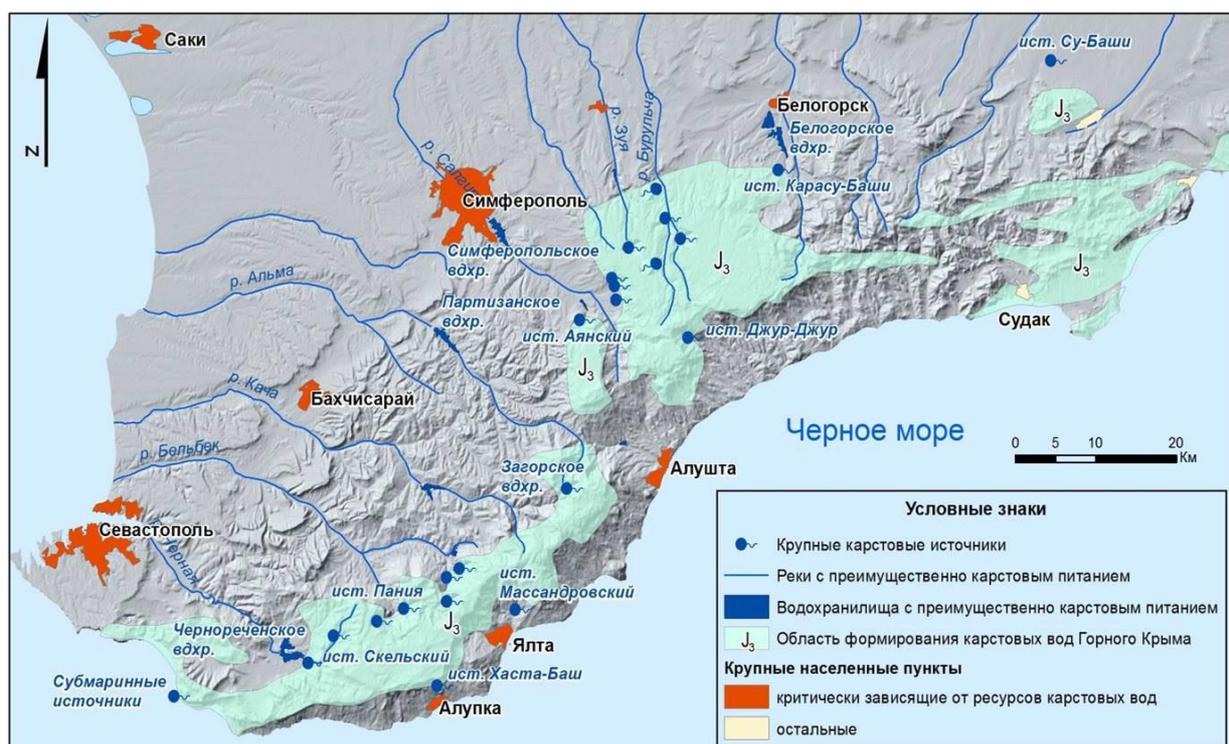


Рис. 1. Распространение и использование карстовых подземных вод в южной части Крымского полуострова

Подземные воды карстовых коллекторов содержат воды высокого естественного качества, но при этом априори характеризуются высокой степенью уязвимости к загрязнению, в сравнении с другими типами коллекторов. Это определяется рядом гидрогеологических особенностей закарстованных пород, среди которых крайне высокая степень концентрации подземного стока, очаговый характер питания и разгрузки, высокая скорость движения подземных вод и, как следствие, их низкая способность к самоочищению от загрязнений. Перечисленные особенности указывают на необходимость разработки особых подходов к эффективной охране и рациональному использованию карстовых вод, учитывающих их гидрогеологическую специфику, что отмечается в международных и отечественных работах [3, 5]. В ряде стран подобные подходы разработаны и закреплены на нормативном уровне в качестве обязательных при организации водопользования и инженерно-хозяйственной деятельности на закарстованных территориях [7].

Существующая нормативно-правовая база РФ не располагает подходящими инструментами для эффективной охраны ресурсов карстовых вод. На наш взгляд, существенным упущением является то, что, согласно Водному кодексу РФ, родниковые выходы подземных вод относятся к категории поверхностных водных объектов. Соответственно, для определения зон санитарной охраны (ЗСО) этих источников водоснабжения должны применяться нормы, разработанные для поверхностных объектов (рек или озер). Следует отметить, что в Крыму многие водозаборы сооружены именно на родниковых выходах карстовых вод. Очевидно, возникает противоречие между природной сущностью и нормативно-правовым статусом подобных источников водоснабжения. Как правило, на таких водозаборах ЗСО ограничиваются площадью самих каптажных сооружений и, иногда, небольшой территории вокруг них. При этом условия формирования этих вод в пределах их водосборной площади, границы которой зачастую неочевидны, оста-

ются без всякого внимания.

По нашему убеждению, источники карстовых вод, как и родники других типов, при зонировании и определении режима их санитарной охраны следует рассматривать как проявления подземных вод. В первую очередь, это аргументируется тем, что бассейны подземных вод, как правило, не совпадают с поверхностными водосборами, особенно в условиях развитого карста. К тому же, границы подземно-карстовых бассейнов могут иметь временную вариацию в зависимости от фазы водности. Таким образом, первоочередной задачей при организации охраны карстовых источников следует ставить определение питающих площадей и их комплексное гидролого-гидрогеологическое исследование.

Согласно мировой практике, гидрогеологическим обоснованием для установления ЗСО источников подземных вод является оценка и картирование их уязвимости к загрязнению (или защищенности от загрязнений). Суть такой оценки заключается в разделении области питания эксплуатируемого водоносного горизонта на участки, характеризующиеся различной чувствительностью к загрязнению подземных вод [1, 3, 7]. Если объектом оценки является весь водоносный горизонт, то ее результатом является карта уязвимости ресурса подземных вод, отражающая условия миграции загрязнителя от земной поверхности до поверхности водоносного горизонта. Если объектом является выход подземных вод (скважина, колодец, источник), то говорят об оценке полной уязвимости (или уязвимости выхода), которая должна учитывать весь путь миграции загрязнителя от земной поверхности до указанного выхода, включая зону полного насыщения. Именно оценка полной уязвимости является прямым обоснованием для установления ЗСО подземных источников хозяйственно-питьевого назначения.

Для выполнения вышеуказанной оценки необходим большой массив информации, характеризующей комплекс условий формирования, движения и разгрузки подземных вод оцениваемого горизонта или, в случае карстовых вод, – карстовой водоносной системы (КВС). Кроме того, необходима специальная методика оценки, учитывающая региональные особенности гидрогеологических условий. В последние несколько десятилетий разработано множество методик оценки уязвимости подземных вод к загрязнению, учитывающих специфику карстовой гидрогеологии. В рамках данной работы следует выделить авторскую модификацию метода оценки уязвимости карстовых вод, адаптированную для условий Горного Крыма. Результаты ее апробирования на основных карстовых массивах Крымского п-ва, в части оценки уязвимости ресурса карстовых вод, показали хорошее соответствие с имеющимися представлениями о региональных гидрогеологических условиях, что подтверждает эффективность методики [4]. Следующим шагом является оценка полной уязвимости для крупнейших карстовых источников Горного Крыма, используемых в водоснабжении населения.

Очевидно, что решение вопроса эффективной охраны и рационального использования источников карстовых подземных вод требует комплексного подхода, основанного на систематических исследованиях условий формирования данного ресурса. В качестве примера можно указать подход, предлагаемый авторами из Словении, использующий разнообразные методы, приемы и технологии [7]. В развитие идей упомянутых авторов нами была разработана поэтапная схема комплексного подхода к эффективному и безопасному использованию источника водоснабжения подземно-карстовой природы (рис. 2).

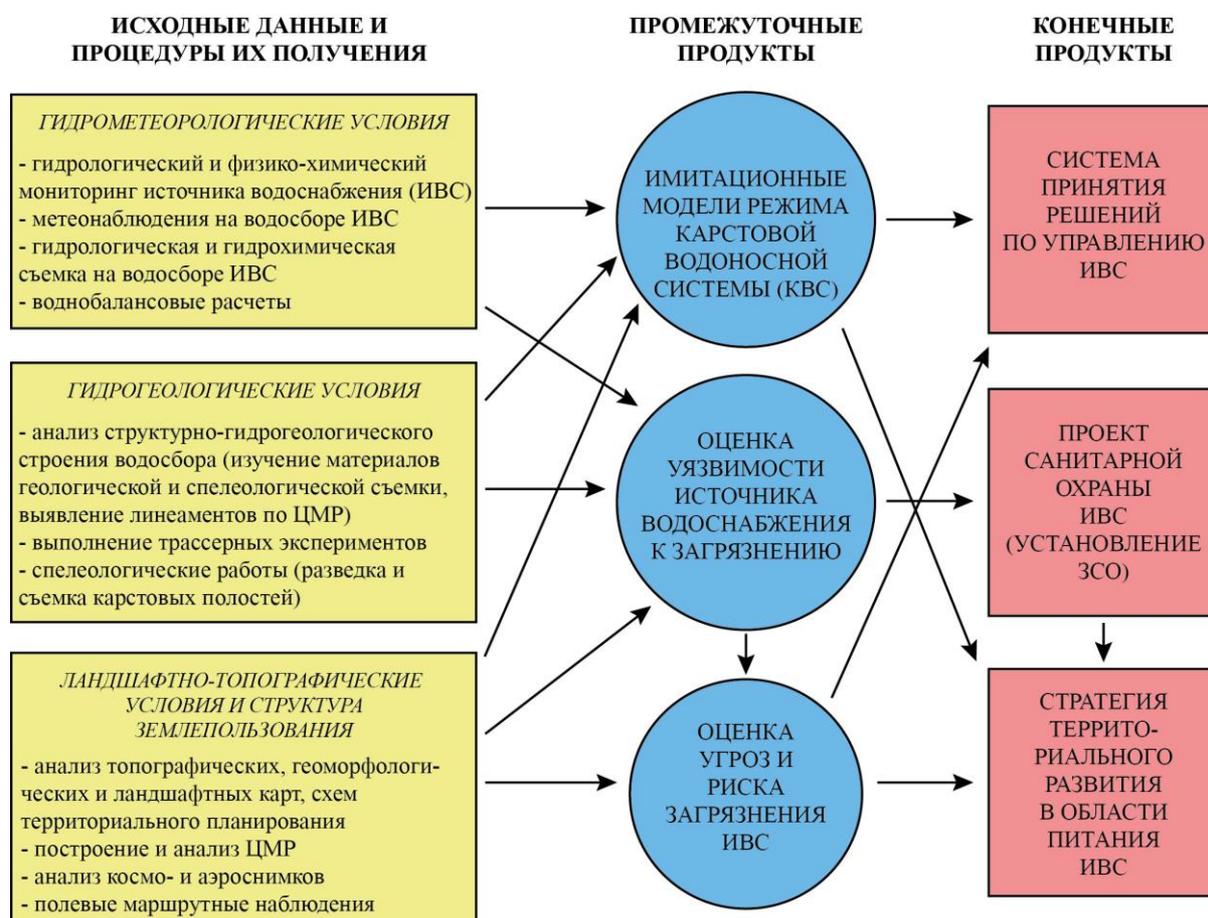


Рис. 2. Блок-схема комплексного подхода к эффективному и безопасному использованию источника водоснабжения подземно-карстовой природы

В ней выделяются следующие этапы:

1 – получение исходных данных, характеризующих гидрометеорологические, гидрогеологические и ландшафтно–топографические условия формирования ресурсов источника водоснабжения (ИВС). Среди перечисленных в схеме методов следует особенно выделить трассирование карстовых вод с использованием различных (естественных и искусственных) индикаторов. Данный метод является наиболее эффективным способом установления направлений, скоростей и буферизации подземного стока КВС [1, 6]. Организация собранной информации осуществляется в виде баз геоданных в среде ГИС.

2 – получение промежуточных продуктов, включающих карты уязвимости ИВС, оценку угроз и рисков его загрязнения, а также имитационные модели его режима. Последние являются необходимым инструментом для эффективной эксплуатации водозаборов из КВС. Перспективным представляется применение моделей, разработанных для малых речных бассейнов с паводковым режимом. Предварительные результаты апробирования данных моделей на малых реках и КВС Горного Крыма показали их достаточно высокую эффективность [2].

3 – разработка итоговых продуктов, включающих систему принятия решений по эксплуатации источника водоснабжения, проект санитарной охраны и стратегию территориального планирования хозяйственной деятельности в пределах его водосборной площади.

В заключение необходимо отметить, что первоочередным шагом для реализации предложенного подхода является внедрение его основных положений в производственную практику путем разработки соответствующей нормативно-правовой базы. В ближайшей перспективе это может быть реализовано на уровне отдельных субъектов РФ – Республики Крым и г. Севастополь. В региональных нормативных документах этих субъектов, регламентирующих водопользование, необходимо придание карстовым источникам водоснабжения особого правового статуса как стратегическому ресурсу. Как следствие, установление особого регламента эксплуатации карстовых источников и территориального управления в области их питания в соответствии с разработанным подходом.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-10045, <https://rscf.ru/project/23-27-10045/>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вахрушев Б.А. Основные проблемы гидрогеологии карста Крымского полуострова / Б.А. Вахрушев, Г.Н. Амеличев, С.В. Токарев, Г.В. Самохин // Водные ресурсы. – 2022. – Т. 49, № 4. – С. 437–447.
2. Гарцман Б.И. Опыт имитационного моделирования стока рек и карстовых водоносных систем Крыма / Б.И. Гарцман / Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Системы контроля окружающей среды – 2023», Севастополь, 07–10 ноября 2023 года. – Севастополь, 2023. – С. 54.
3. Климчук А.Б. Рекомендации по охране подземных источников питьевого водоснабжения в карстовых регионах / А.Б. Климчук, С.В. Токарев // Спелеология и карстология. – 2014. – № 12. – С. 5–16.
4. Токарев С.В. Оценка уязвимости карстовых подземных вод к загрязнению на основных массивах Горного Крыма с использованием региональной методики / С.В. Токарев, Г.Н. Амеличев, Е.Г. Амеличев // Устойчивое развитие горных территорий. – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 397–409.
5. COST Action 65 – Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas. Final Rep. – Brussels, Luxembourg: ECSC-EC-EAEC, 1995. – 446 p.
6. Ford D. Karst hydrogeology and geomorphology / D. Ford, P. Williams. – Chichester: Wiley, 2007. – 576 p.
7. Ravbar N. A multi-methodological approach to create improved indicators for the adequate karst water source protection / N. Ravbar, M. Petrič, M. Blatnik, A. Švara // Ecological Indicators. – 2021. – V. 126. – №. 107693. – P. 1–14.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ БЕЛАЯ В УСЛОВИИ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ УФИМСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

И.Ш. Фатхутдинова
irina.fatkhutdinova@yandex.ru

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В настоящее время очень остро стоит проблема количественного и качественного истощения водных ресурсов. Немаловажную роль в этом играет Уфимский промышленный узел, в котором сосредоточено большое количество хозяйственных, коммунально-

бытовых, промышленных объектов.

Водные объекты загрязняются в основном в результате спуска в них сточных вод от промышленных предприятий. После выпуска сточных вод допускается некоторое ухудшение качества воды в водоемах, однако это не должно заметно отражаться на его жизни и на возможности дальнейшего использования водоема в качестве источника водоснабжения, для культурных и спортивных мероприятий, рыбохозяйственных целей [2].

Согласно Исянбаеву М.Н. в состав Уфимского промышленного узла, помимо города Уфа входят Благовещенск, поселок Чишмы, Кудеевский, Иглино [1].

Наибольшая нагрузка сточными водами оказывается на реку Белая, а самые распространенные загрязняющие вещества, сбрасываемые предприятиями в исследуемые реки — это фосфаты (по фосфору), ХПК, хлорид анион, нитрит анион, нитрат анион и сульфат анион, так же в некоторых случаях присутствуют нефтепродукты, медь, железо общее, магний и хлорид анион.

По фондовым данным ФГБВУ «Центррегионводхоз» были проанализированы данные по участку Кас/Волга/1804/177 – Белая в пределах г. Уфы и Уфимского района.

На рисунке 1 приведено содержание загрязняющих веществ в реке Белая в пределах территории Уфимского промышленного узла за период с 2009 по 2022 гг., поступающих путем сброса сточных вод в поверхностный водный объект.

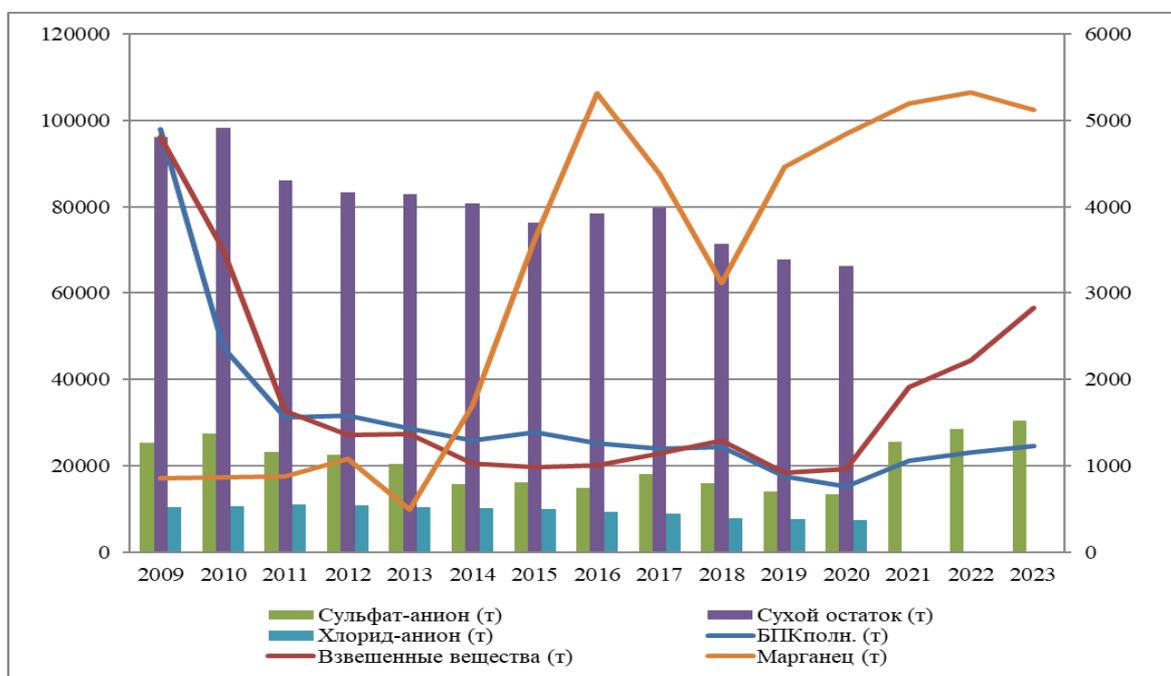


Рис. 1. Содержание химических соединений в р. Белая в пределах территории Уфимского промышленного узла в период с 2009 по 2023 гг., т (составлено автором по данным [2])

Можно заметить тенденцию снижения массы некоторых загрязняющих веществ. Произошло уменьшение содержания сухого остатка, где к 2020 году имеет наименьшие значения. Так же наименьшие значения в 2020 году отмечаются у взвешенных веществ, хлорида аниона, сульфата аниона, БПКполн.

После минимальных значений идет увеличение числа загрязняющих веществ.

Например, увеличение произошло с сульфат анионом, БПК_{полн}, взвешенными веществами, марганцем.

На рисунке 2 отражено изменение массы загрязняющих веществ: ванадия, кадмия, молибдена, тетрахлорметана, фторид аниона в реке Белая в пределах города Уфы и Уфимского района в период с 2010 по 2020 гг., поступающих в поверхностный водный объект путем сброса сточных вод.

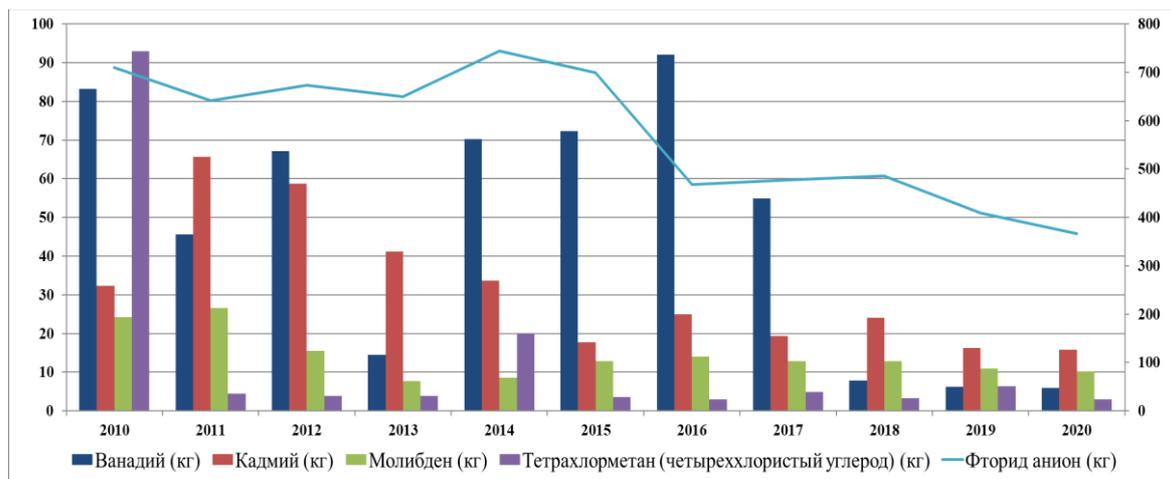


Рис. 2. Содержание химических соединений в р. Белая в пределах г. Уфа в период с 2010 по 2020 гг., кг (составлено автором по данным [2])

По данным, приведенным на графике, можно сделать вывод, что к 2020 году количество загрязняющих веществ, поступающих в реку Белая в пределах города Уфа, путем сброса сточных вод идет на снижение. Так, к 2020 году некоторые вещества имеют минимальные значения за период наблюдения с 2010 по 2020 гг.

Максимальные значения отмечались у ванадия в 2016 году и у тетрахлорметана (или же четыреххлористый углерод) в 2010 году.

Рассматривая вещества в общем срезе, можно заметить, что из данного перечня веществ наибольшую массу за наблюдаемый период имеет ванадий, а наименьшую молибден.

На рисунке 3 приведено изменение массы загрязняющих веществ: алюминия, сероводорода, хрома шестивалентного, меди, фторида аниона, фенола, никеля, хрома трехвалентного, хлороформа в реке Белая в пределах города Уфа в период с 2010 по 2020 гг., поступающих в поверхностный водный объект путем сброса сточных вод.

Можно сделать вывод, что к 2020 году количество загрязняющих веществ, поступающих в реку Белая в пределах города Уфы и Уфимского района, путем сброса сточных вод остается практически неизменным и из года в год находится в одном диапазоне значений. Практически все вещества остаются в одном пределе содержания – в районе 500 кг.

Только алюминий выделяется из общего списка высокими показателями массы. С 2015 года и до 2019 года идет резкое увеличение количества алюминия в водном объекте. В 2019 году он достигает своего максимального значения, но уже к 2020 отмечается спад.

По данным из наблюдаемого пункта в пределах города Уфы и Уфимского района, можно заметить, что в последние года влияние загрязняющих веществ значительно снижается.

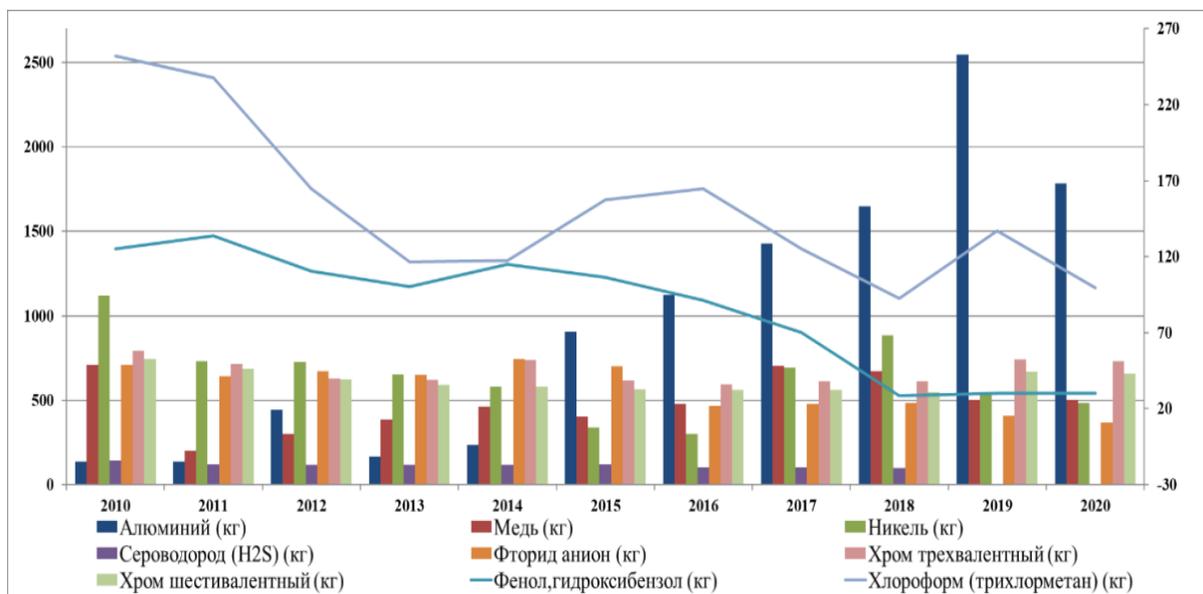


Рис. 3. Содержание химических соединений в р. Белая в пределах г. Уфа в период с 2010 по 2020 гг., кг (составлено автором по данным [2])

Это может происходить по ряду причин, например, установка более эффективных очистных сооружений на предприятиях, уменьшение количества сброса, путем возникновения новых технологий оборотного использования воды, а также уменьшение количества респондентов, осуществляющих сброс в реки Уфимского промышленного узла.

В целях снижения негативного воздействия на водные объекты на территории Уфимского промышленного узла, оказываемого предприятиями промышленности в результате сброса неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод, предприятиями осуществляются водоохранные и водохозяйственные мероприятия. Прежде всего, это реконструкция действующих и строительство новых очистных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Исянбаев М.Н. Экономическая эффективность отраслевых производственных комплексов в промышленных узлах. – М., 1977. – 190 с.
2. Черняев А.М. Оптимальное управление водохозяйственной деятельностью в регионе. Методы планирования и управления природными ресурсами. – М., 1985. – 226 с.

РТУТЬ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА ОЗ. БАЙКАЛ: ПО МАТЕРИАЛАМ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ И СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ю.А. Федоров, Н.В. Доценко, Д.Ф. Костенко
fedorov@sfedu.ru

Южный Федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Озеро Байкал является грандиозным геологическим сооружением с самыми большими в мире запасами пресной воды. Уникальность озера также состоит в том, что

его воды относятся к ультрапресным (минерализация $<0,1$ г/дм³), поэтому к данному водоему приковано пристальное внимание мировой науки и общественности. Ранее авторами [1] была проведена экспедиция по отбору проб воды оз. Байкал и водных объектах его бассейна, результаты которой по определению содержания ртути планируется обсудить в настоящем докладе. Будет также осуществлен анализ ретроспективного материала, что даст возможность лучше понять причины ранее установленных широких вариаций содержания ртути в оз. Байкал и его водосборном бассейне. В свою очередь это будет способствовать более глубокому осмыслению полученных результатов экспедиционных работ.

Состояние проблемы. Со времени пуска в строй Байкальского целлюлозно-бумажного комбината и проведения обширных определений ртути не утихают споры по поводу их достоверности. Одни авторы склонны видеть причины тенденции завышения результатов в несовершенстве методов анализа, другие связывают с методикой отбора проб и определения её концентраций непосредственно на борту судна [1–4]. Прежде чем согласиться с этими выводами, попытаемся разобраться в сути проблемы, для чего проанализируем ретроспективные данные в зависимости от времени и места отбора проб.

Ранее при анализе весьма разрозненной информации был отмечен её дискуссионный характер [3–5]. Особенно это относилось к определениям растворенной в воде озера ртути [2–5].

По-видимому, впервые определения содержания растворенной формы ртути в вероятных источниках загрязнения (БЦБК) были выполнены в 75–77 годах прошлого века [4]. По данным 34 определений 1976 года «условно чистые» сточные воды БЦБК содержали ртуть в пределах 0,05–1,5 мкг/дм³, в то время как значения в водах пруда-аэратора доходили до 5,7 мкг/дм³ [4]. В 1988 году был произведен отбор и ртутный анализ проб воды в районе БЦБК. Содержания растворенной ртути изменялись здесь в диапазоне 0,003–0,075 мкг/дм³ [4].

В 1973–1977 гг. была проведена советско-американская интеркалибрация методов, применяемых при мониторинге больших озер [6]. В процессе интеркалибрации установлено, что содержание общей ртути в воде Южной котловины оз. Байкал на расстоянии первых километров от БЦБК было меньше её предела обнаружения равного 0,05 мкг/дм³.

Позднее в 1989 г. под руководством Т.Г. Лапердиной [2] проведены исследования распределения концентрации ртути на акватории озера. Зарегистрировано, что повышенные концентрации ртути (0,02–0,040 мкг/дм³) обнаруживаются только в прибрежных водах в районе выпуска сточных вод БЦБК. На более отдаленных от сброса сточных вод участках содержание ртути было ниже предела обнаружения применяемой методики – 0,01 мкг/дм³.

В начале 90-х годов бельгийскими специалистами отобраны пробы воды по акватории и глубине озера Байкал [7]. Концентрация растворенной ртути оказалась в пределах 0,014–0,077 мкг/дм³. Они были, как отмечала Т.Г. Лапердина [2], на два-три порядка ниже, чем ранее опубликованные результаты российских ученых. Это дало основание [3] прийти к выводу о недостоверности данных, полученных ранее советскими учеными.

В 2007 г. сотрудниками Сибирского филиала ФГУНПП «Росгеолфонд» на 69 станциях, расположенных по 3 у каждого из 23 обследованных мысов, были отобраны пробы воды [4]. Каждая проба отбирались с горизонта 0,5 м в два полипропиленовых контейнера вне зоны влияния БЦБК. Анализ проб проводился А.М. Аникановым через 19–21 день на экспериментальной модели ртутного анализатора ДАР 254 методом атомной спектроскопии холодного пара. Все измерения выполнялись двукратно. Концентрация ртути по результатам анализа 70 проб изменялась в пределах $<0,001$ –0,005 мкг/дм³

[5]. Эти данные хорошо согласовывались с теми, что были получены зарубежными исследователями для воды оз. Байкал [7].

Результаты и обсуждение. По результатам проведения экспедиционных исследований июня-июля 2022 г. была составлена таблица 1, в которой представлены координаты станций отбора проб воды. Водные объекты были разделены на 3 группы: озера, реки, болота.

Для разделения растворенной и взвешенной форм миграции использовали мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм. Определение содержания растворенной ртути в фильтрате выполнялось атомно-абсорбционным методом на анализаторе ртути РА-915М в лаборатории Южного федерального университета. Диапазон обнаружения ртути при выбранном подходе составляет 0,01-5,0 мкг/дм³.

Реки. По профилю р. Мишиха были заложены 4 станции отбора проб (от гипсометрически выше расположенной станции в предгорьях Хамар-Дабана, до находящейся внизу старицы). В районе последней располагалась «верхняя» станция отбора проб, выбранная ввиду своего расположения гипсометрически выше источников потенциального техногенного воздействия. Следующей станцией при продвижении к старице реки и, непосредственно, оз. Байкалу, стал пункт выхода подземных вод. После чего были взяты образцы в районе федеральных авто- и ж/д- дорог и в предбайкальском низовье. Значения содержания растворенной ртути изменялись по стволу р. Мишиха в диапазоне 0,013-0,042 мкг/дм³ (в среднем 0,025 мкг/дм³). Одна проба воды была отобрана в протоке у п. Албаков. Содержание растворенной ртути здесь составило 0,016 мкг/дм³. Таким образом, в среднем содержание растворенной ртути в речных водах Байкальского государственного природного биосферного заповедника оказалось равным 0,022 мкг/дм³.

Болота. При анализе результатов проб болотных вод, отобранных на трех станциях (№5, №6, №8), расположенных в среднем течении р. Выдриная, авторами был отмечен значительный разброс значений содержаний растворенной ртути в условиях относительно малой удаленности исследуемых объектов друг от друга. Содержания растворенной ртути в болотных водах варьировались от 0,009 мкг/дм³ до 0,042 мкг/дм³ (в среднем 0,021 мкг/дм³). Максимальное содержание растворенной ртути обнаружено в воде «Верховое болото у р. Выдриная», а минимальное – на станции №8 «Лишковское болото» (табл.). Повышенное содержание ртути в водах верхового болота, может указывать на возможность дополнительного привноса этого элемента с атмосферными осадками, которые, как известно, являются доминирующим источником питания верховых болот.

Озера. В эту группу водных объектов помимо оз. Байкал (станция №14) вошли: Кривое озеро (станция №9), Марусино озеро (станция №10) Глухое озеро (станция №11) и старичное безымянное озеро на р. Переёмной в месте пересечения с федеральной автомобильной дорогой Р258 «Байкал» (станция №12). Вариации содержания растворенной ртути в водах озер, включая оз. Байкал, были от 0,002 до 0,026 мкг/дм³ (в среднем 0,012 мкг/дм³). Максимально зафиксированное содержание растворенной ртути, относящаяся к станции №11 «Глухое озеро» отмечено значением 0,026 мкг/дм³, минимально – 0,002 мкг/дм³ (станция №12 «старичное безымянное озеро на р. Переёмной в месте пересечения с федеральной автомобильной дорогой Р258 «Байкал»»). Содержание растворенной ртути в воде оз. Байкал было равно 0,007 мкг/дм³ (станция №14). Полученные нами сведения по содержанию растворенной ртути в воде оз. Байкал хорошо соответствуют тем, что были представлены в работах [4–5,7]. Низкая концентрация ртути обнаружена в ручье в поселке Танхой – 0,002 мкг/дм³.

Таблица 1

Физико-географическая и административная характеристика станций отбора проб
поверхностных вод

№ Станций, название	Координаты (с.ш, в.д)	Высота, м над ур. моря	Концен- трация растворен- ной формы ртути, мкг/дм ³
1. Низовье р. Левая Мишиха	51,58362 105,52089	527	0,02
2. Источник у р. Мишиха	51,62879 105,52923	475	0,024
3. Низовье р. Мишиха в месте пересечения с федеральной автомобильной доро- гой Р258 «Байкал»	51,640426 105,54191	463	0,042
4. Старица р. Мишиха	51,643704 105,53125	460	0,013
5. Безымянное верховое боло- то у р. Выдрино-1	51,46991 104,88639	466	0,042
6. Безымянное верховое боло- то у р. Выдрино-2	51,46108 104,89838	484	0,012
7. Протока между р. Выдрино и безымянной рекой	51,45974 104,89554	480	0,016
8. Лишковское болото	51,544932 105,1277	520	0,009
9. Кривое озеро	51,4934 104,86533	489	0,022
10. Марусино озеро	51,4892 104,89463	500	0,003
11. Глухое озеро	51,56192 105,17673	467	0,026
12. Старичное безымянное озеро на р. Переёмной в месте пересечения с федеральной автомобильной доро- гой Р258 «Байкал»	51,56812 105,16723	457	0.002
13. Ручей Курмаевка	51,55302 105,10246	461	0,002
14. Оз. Байкал в районе п. Танхой	51,55621 105,11335	456	0,007

Для всего массива данных не зависимо от группы водного объекта содержания растворенной ртути изменяются от 0,002 до 0,042 мкг/дм³ (в среднем 0,019 мкг/дм³). Установлено, что по среднему содержанию растворенной ртути наименьшими значениями характеризуются озера, а затем по мере возрастания располагаются болота и реки.

По оценке авторов, концентрации растворенной ртути находятся ниже значений ПДК, относящейся к питьевой воде с пределом 0,5 мкг/дм³ (СанПиН 1.2.3685-21) в 13 из 14 пробах станций (исключение-Лишковское болото с более чем двукратным превышением), в то время как в 3 из 11 объектов (исключая болота) было отмечено превышение ПДК ртути для воды рыбохозяйственного использования – 0,01 мкг/дм³ (Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552) (р. Левая Мишиха, приток р. Выдриная, Кривое озеро). Отметим, что в воде ультрапресного оз. Байкал содержание растворенной ртути было ниже значений ПДК для воды рыбохозяйственного использования. Источники поступления ртути в поверхностные воды водосборного бассейна оз. Байкал имеют как антропогенное, так и природное происхождение. Среди них следует отметить: разрушение пород водосбора, эмиссию ртути из глубокозалегающих очагов, усиливающуюся во время тектонической активности, атмосферные выпадения, урбанизацию, техногенез. Не исключено, что отдельные скачки содержания растворенной ртути, могли быть следствием совпадения по времени аддитивного влияния тектонической и антропогенной деятельности.

Авторы выражают благодарность лаборанту Биологического факультета МГУ, кафедры экологии и географии растений Гамовой Н. С. и гос. инспектору Байкальского государственного природного биосферного заповедника Короткову Ю. Н. за помощь при отборе проб воды.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-17-00038, <https://rscf.ru/project/24-17-00038/> в Южном федеральном университете.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доценко Н.В., Федоров Ю.А., Ртуть в оз. Байкал и его водосборном бассейне: хронология исследований // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 20–22 сентября 2023 г. Т.1. – Ростов-на-Дону. – С. 205-210.
2. Лапердина Т.Г. Определение ртути в природных водах. – Новосибирск: Наука, 2000. – 222 с.
3. Грачев М.А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал. – Новосибирск: СО РАН, 2002. – 153 с.
4. Федоров Ю.А. Ртуть в экосистеме озера Байкал: по результатам современных и ретроспективных исследований. Сборник материалов V международного совещания «Геохимия биосферы». Новороссийск: НИИ Геохимии биосферы ЮФУ, 2009. – С.134-136.
5. Аниканов А.М., Федоров Ю.А. Определение наногаммовых концентраций ртути в природных водах (на примере анализа проб воды оз. Байкал). //Материалы международного симпозиума «Ртуть в биосфере: Эколого-геохимические аспекты» (Россия, Москва, ГЕОХИ РАН, 7-9 сентября 2010г.). – М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 250-354.
6. Mullin M.D., Matveyev A.A., Anikanov A.M. Intercomparisons of Analytical Methodology and Laboratory Capabilities Between Soviet and American Laboratories-1973 to 1977 // Journal of Great Lakes Research. V. 10, (3). – P. 254-260.
7. Menleman C., Leermakers M., Baeyens W., Mercury speciation in Lake Baikal // Water, Air and Soil Pollut. – 1995. – V.80. – P.539-551.

РЕСУРСЫ РЕЧНОГО СТОКА 50 % ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Чернова, А.И. Елатомцева, К.С. Непрокина
chernovamarusya@mail.ru

Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, Россия

Водные ресурсы играют ключевую роль в жизни на Земле и для устойчивого развития человечества. Они предоставляют пресную воду для питья, сельского хозяйства, промышленности и гидроэлектроэнергии, а также обеспечивают экосистемы водоемов и водного биоразнообразия.

Однако водные ресурсы подвергаются все возрастающему давлению из-за изменений климата, загрязнения, чрезмерной эксплуатации и неэффективного управления. Это может привести к серьезным проблемам, таким как истощение запасов пресной воды, недоступность чистой питьевой воды, уменьшению биоразнообразия водных экосистем и нарушению экологического баланса.

Поэтому важно эффективно управлять водными ресурсами, сохранять их качество и количество, принимать меры по бережливому использованию воды, а также учитывать интересы всех заинтересованных сторон при разработке стратегий и планов управления водными ресурсами. Только таким образом можно обеспечить устойчивое развитие и сохранить водные ресурсы для будущих поколений.

Обеспеченность водными ресурсами является одним из важнейших аспектов обеспечения устойчивого развития современного общества. Водные ресурсы играют огромную роль в жизни людей, животных и растений, поэтому их устойчивое использование и сохранение является необходимостью.

Обеспеченность водными ресурсами зависит от многих факторов, включая количество и качество воды, доступность и распределение водных ресурсов, а также управление ими. Недостаточное количество воды или ее неудовлетворительное качество может привести к серьезным проблемам, таким как загрязнение воды, истощение природных ресурсов, угроза здоровью и жизни людей.

Для обеспечения устойчивости водных ресурсов необходимо разработать эффективные стратегии и механизмы управления водными ресурсами, включая меры по сохранению воды, очистке загрязненных вод, обеспечению доступа к чистой питьевой воде и сбалансированному использованию воды для различных целей.

Таким образом, обеспеченность водными ресурсами играет ключевую роль в жизни общества и требует внимания и усилий со стороны всех заинтересованных сторон для ее обеспечения и сохранения.

Всё более важно иметь современную оценку обеспеченности сельских территорий водными ресурсами, учитывая перспективность направления развития отрасли сельского хозяйства. Так сельхозтоваропроизводителям требуются актуализированные данные, отражающие действительную ситуацию.

Говоря об обеспеченности сельских территорий водными ресурсами, прежде всего, стоит иметь в виду расчёт объёма возможного забора воды из водотоков на производственные технические потребности, а также для орошения полей. Также наличие поверхностного стока является наиболее важным параметром при проектировании водосбросов в поверхностные водоёмы.

Методика водообеспеченности территории включает в себя комплексный подход

к решению задач по обеспечению населения и промышленности чистой питьевой водой, а также разработку и реализацию проектов по строительству водоочистных и водоподготовительных сооружений, обновлению водопроводной сети, организацию водоснабжения и водоотведения, контроль за качеством воды и проведение мероприятий по повышению эффективности использования водных ресурсов. Рекомендации, составленные на основе результатов работы алгоритма методики водообеспеченности территории, могут помочь с обучением населения правильным приемам экономии воды и охраны водных ресурсов.

Автором, на основе уже существующих способов и методик расчёта водообеспеченности была создана собственная методика оценки территории ресурсами речного стока. Методика разработана под критерии и задачи в рамках Тамбовского региона и учитывает его особенности.

Авторская методика оценки обеспеченности сельских территорий ресурсами речного стока имеет четкий и ступенчатый алгоритм: были выверены и учтены водотоки третьего порядка и выше (по классификации Роберта Хортон) [1]. В качестве параметра анализа использовался расход воды в створе на границе пересечения муниципального образования с реками третьего порядка и выше, которые вытекают за пределы его территории с наложенными на них в программе MapInfo Professional изолиниями модуля стока 50 % обеспеченности. Расход воды представлен как произведение значений модуля стока в бассейне конкретной реки, ограниченной расчётным створом, и площади этого бассейна [2].

Расчитанные суммарные расходы воды водотоков третьего порядка и выше для каждого муниципального образования Тамбовской области годовые и в вегетационный период 50 % обеспеченности отражены в табличном виде (табл. 1).

Таблица 1

Годовой и сезонные расходы воды водотоков третьего порядка и выше для муниципальных округов Тамбовской области 50 % обеспеченности

№	Муниципальный округ	год, м ³ /с	май, м ³ /с	июнь, м ³ /с	июль, м ³ /с	август, м ³ /с	сентябрь, м ³ /с
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Бондарский	5,08	5,01	2,32	2,21	2,21	2,21
2	Гавриловский	19,65	17,17	6,68	6,80	6,80	5,26
3	Жердевский	7,12	6,87	3,16	2,86	2,51	2,37
4	Знаменский	13,50	11,54	6,82	5,77	5,30	5,16
5	Инжавинский	39,16	35,58	13,78	13,99	13,99	11,34
6	Кирсановский	26,34	22,41	12,37	9,13	9,13	6,84
7	Мичуринский	20,91	18,20	10,14	8,57	7,38	8,37
8	Мордовский	7,33	5,35	2,80	2,52	2,13	2,20
9	Моршанский	44,62	40,91	19,83	18,01	17,52	16,66
10	Мучкапский	44,13	43,19	16,34	16,05	16,05	13,37
11	Никифоровский	9,36	4,13	3,18	2,68	2,38	2,31
12	Первомайский	3,65	3,27	1,70	1,50	1,29	1,26
13	Петровский	8,97	7,94	4,32	4,75	4,56	3,97
14	Пичаевский	11,75	7,33	5,07	4,61	4,61	4,46
15	Рассказовский	5,20	4,49	2,43	2,07	2,07	2,00

1	2	3	4	5	6	7	8
16	Ржаксинский	38,97	35,11	13,79	13,74	13,72	11,10
17	Сампурский	3,13	2,92	1,51	1,34	1,28	1,23
18	Сосновский	29,36	22,67	16,37	11,98	11,49	11,12
19	Староюрьевский	7,29	6,53	3,26	2,51	2,51	2,51
20	Тамбовский	21,34	17,82	8,46	9,22	8,86	8,25
21	Токаревский	3,00	2,18	1,26	1,05	0,93	0,89
22	Уваровский	40,19	38,27	14,76	14,60	14,54	11,67
23	Уметский	24,63	21,22	8,23	8,50	8,50	6,29

Стоит отметить, что Тамбовская область расположена в зоне недостаточного увлажнения [3-5], где количество осадков варьируется от 425 мм на юге до 550 мм на севере области. Температурный режим Тамбовской области: средняя температура января составляет -10,5 °С на юго-западе, -11,5 °С на востоке. В июле +19,5 °С на севере, +20,5 °С на юге [6, 7].

Как видно из таблицы 1, в год 50 % обеспеченности значения расходов воды варьировались от минимального 3,00 м³/с на территории Токаревского муниципального округа до максимального значения 44,62 м³/с на территории Моршанского муниципального округа.

В вегетационный период же более высокими значениями расходов воды выделяется май (минимальное значение расхода воды – 2,18 м³/с (Токаревский МО), максимальное значение – 43,19 м³/с (Моршанский МО)). В остальные месяцы вегетационного периода – с июня по сентябрь включительно – значения расходов воды сокращаются по сравнению с майским периодом. В июне минимальный расход воды равен 1,26 м³/с, максимальный – 19,83 м³/с (Токаревский МО и Моршанский МО соответственно). В июле минимальное значение расхода воды составляет 1,05 м³/с, максимальное – 18,01 м³/с. В августе минимальное значение расхода воды – 0,93 м³/с, максимальный расход воды равен 17,52 м³/с. В сентябре минимальное значение равняется 0,89 м³/с, максимальное – 16,66 м³/с.

Таким образом, минимальные значения расхода воды характерны для Токаревского муниципального округа, максимальные – для Моршанского муниципального округа. Также наиболее водными являются Инжавинский, Мучкапский, Ржаксинский и Уваровский муниципальные округа. Здесь протекают наиболее крупные реки Тамбовской области – Цна и Ворона.

Минимально водными, помимо Токаревского муниципального округа, также являются Первомайский и Сампурский муниципальные округа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хортон Р. Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов [Текст] : Гидрофиз. подход к количеств. морфологии / Роберт Е. Хортон ; Пер. с англ. Д. Л. Арманд и В. А. Троицкого ; Под ред. чл.-кор. АН СССР М. А. Великанова. – Москва : изд. и тип. Гос. изд-ва иностр. лит., 1948. – 159 с.

2. Буковский М.Е. Разработка методики оценки обеспеченности сельских территорий ресурсами речного стока и её применение / М. Е. Буковский, М. А. Чернова // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология. – 2024. – № 2. – С. 63-71. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/2/63-71>.

3. Дудник Н. И. Природа Тамбовского края (популярные географические очерки). – Тамбов, изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина, 2000. – 156 с.

4. Дудник С. Н. Динамика количества атмосферных осадков на территории Тамбовской области / С. Н. Дудник, М. Е. Буковский, А. Г. Шалагина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2012. – № 2. – С. 22-26.

5. Дудник С. Н. Изменения в географическом распределении сезонного количества атмосферных осадков на территории Тамбовской области / С. Н. Дудник, М. Е. Буковский, А. Г. Шалагина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2014. – № 2. – С. 24-29.

6. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Тамбовской области в 2022 году. – Тамбов, 2023. – 213 с.

7. Дудник С. Н. Динамика температурного режима на территории Тамбовской области / С. Н. Дудник, М. Е. Буковский, Н. А. Галушкина // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2012. – Т. 17, № 6. – С. 1555-1560.

ОЦЕНКА РИСКА ДЕГРАДАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ БАСЕЙНА РЕКИ ОСЕТР

В.А. Широкова^{1,2}, Ю.Д. Юрова¹, Р.С. Широков^{1,3}
Yurovayuliya13@gmail.com

¹*Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия*

²*Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова РАН,
г. Москва, Россия*

³*Институт криосферы Земли СО РАН, г. Тюмень, Россия*

Сельское хозяйство – неотъемлемая составляющая для пропитания человека. Его необходимо рассматривать как огромный, постоянно действующий механизм, который способен в той или иной мере оказывать влияние на состояние окружающей среды [7].

Основная цель работы – оценка риска деградации сельскохозяйственных угодий водосборной территории бассейна реки Осетр и определение наибольшего риска попадания веществ в водные объекты с сельскохозяйственных территорий.

Водосборный бассейн – система ландшафтных образований, которые различаются по строению и функциям и сочетаются с ландшафтной водной экосистемой. Существует тесная связь между географической структурой водосбора и функционированием гидрографической сети.

Отмечено, что основными источниками загрязнения крупных водотоков регионов остаются недостаточно очищенные и неочищенные хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды населённых пунктов, а также сельскохозяйственные стоки, поступающие непосредственно в р. Осётр через ее притоки. Характерные загрязняющие вещества – соединения азота и фосфора, органические вещества и тяжёлые металлы.

На основании результатов проведённых ранее исследований (2015-2019 гг.) по комплексному экологическому мониторингу и геоэкологической оценке антропогенного воздействия на бассейн р. Осётр отмечено, что характер распределения органического загрязнения (по БПК₅), биогенных элементов (нитрит-ион, фосфат-ион), взвешенных

веществ и некоторых металлов в природной воде р. Осётр на скрининговом участке позволяет сделать вывод об их антропогенной природе в результате поступления в реку с водосборной территории и имеет максимально высокие концентрации в период летней межени.

Научно-информационная и методическая база. Методология исследований включает в себя: анализ многолетних данных (2015-2021 гг.) гидрохимических, экогеохимических, ландшафтно-экологических и санитарно-бактериологических исследований на скрининговом участке водосборного бассейна р. Осётр (н/п Зарайск – н/п Акатьево), научно-исследовательских и проектных работ; данные о влиянии геоэкологических особенностей водосборного бассейна реки Осётр в пределах Московской области на изменение качества водных объектов; результаты исследований основных закономерностей пространственно-временной изменчивости концентраций главных ионов, биогенных элементов, органических веществ в системе «почва-вода» в воде речной системы р. Осётр на примере скринингового параметра – нитрит-иона и концентрации растворённого кислорода (O_2 , мг/л) на скрининговом участке от н/п Зарайск до н/п Акатьево; а также результаты применения метода прогнозирования эрозии почв при снеготаянии для оценки поверхностного стока сельскохозяйственных угодий на территории бассейна р. Осётр с применением данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий, полученные для всей территории бассейна р. Осётр [5].

Оценка поверхностного стока сельскохозяйственных угодий проведена на территории бассейна р. Осётр впервые с применением классического метода прогнозирования эрозии почв при снеготаянии, предложенного Д.И. Щегловым, Н.С. Горбуновой (2011) [8]. В связи с отсутствием данных о количестве вносимых удобрений, концентрации загрязняющих веществ по всей территории бассейна р. Осётр прогнозные расчёты проведены с применением данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий.

Величина поверхностного склонового стока определена по данным углов наклона, созданным на основе моделей рельефа. Для отрисовки физико-географического расположения бассейна, почвенной карты и сельскохозяйственных угодий, вошедших в буферные зоны использовались ГИС-системы MapInfo, QGIS ArcMap и ArcGIS Pro.

Бассейн р. Осётр характеризуется Восточноевропейским типом водного режима с высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью, повышенным стоком осенью.

Поля, распаханное осенью, по сравнению с нераспаханными (с уплотнённой почвой), к весне обладают повышенными инфильтрационными свойствами и пониженным поверхностным стоком, способствуя уменьшению и речного стока. В связи с этим, оценка поверхностного склонового стока с полей, занятых осенней пахотой и прочими полями, распахируемыми весной, проведена для периода весеннего половодья.

На данном этапе, большая часть территории бассейна р. Осётр занята сельским хозяйством. Как правило, при стоке водных масс и смыве почвы с пашни отчуждается от 10 до 30 % вносимых удобрений и пестицидов, которые не только безвозвратно теряются почвой, но и оказывают огромное негативное влияние на качество воды в реках и иных водных объектах (Щеглов, Горбунова, 2011) [8].

Для определения степени устойчивости почв бассейна р. Осётр на основании материалов Академии сельскохозяйственных наук им В.И. Ленина, Почвенного института им. В.В. Докучаева и др. (Подробная карта почв Российской Федерации, РСФСР, 1988) построена почвенная карта и определено процентное содержание физической глины [4].

В основу группировки почв различного гранулометрического состава, расположенных в бассейне р. Осётр по устойчивости к эрозии положено содержание физической глины в процентном соотношении (рис. 1) [6,7]:

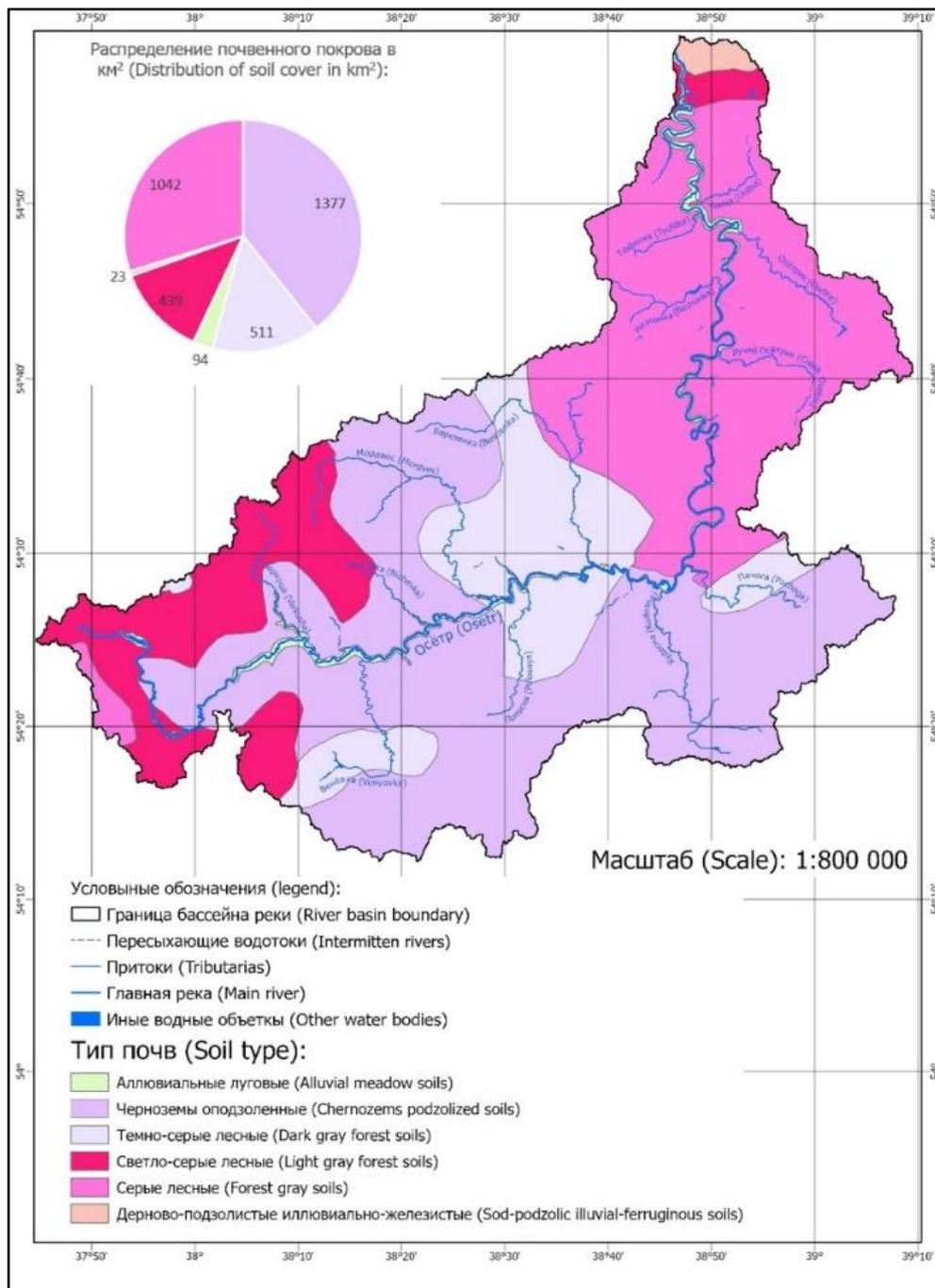


Рис. 1. Почвенная карта бассейна р. Осётр

- 1) Для чернозема оподзоленного, содержащий в среднем около 50% физической глины, степень устойчивости к эрозии будет высокая;
- 2) Для серых лесных, а также темно- и светло серых лесных почв, содержащих в среднем около 10-20% физической глины, степень устойчивости будет – средняя.

Сама оценка поверхностного стока с пашни является одним из простейших методов прогнозирования попадания взвешенных веществ при снеготаянии. Стоит отметить тот факт, что 80-90% стока формируется в период весеннего половодья на большей части пахотных земель [8].

Для расчёта стока воды выбрано пять эталонных участков с наибольшей концентрацией полей в буферной зоне: №1 – н/п Спас-Дощатый, №2 – н/п Кудиново, №3 – н/п Верхняя Пурловка, №4 – Узуново, №5 – Венев. Согласно ст. 65 Водного кодекса РФ, буферная зона – аналог водоохранной зоны и для главной реки она устанавливается в размере 200 м, а для ее притоков в размере 100 м [5].

Для расчёта попадания загрязняющих веществ была построена карта речной системы с буферными зонами, в которые подпадают сельскохозяйственные земли (рис. 2). Площадь сельскохозяйственных территорий, вошедших в буферную зону, определялись с помощью таблицы атрибутов в ArcGIS Pro (рис. 3).

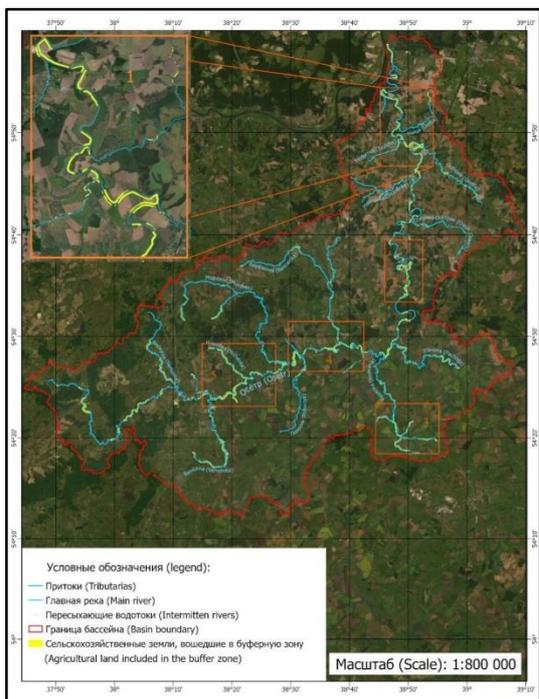


Рис. 2. Карта сельскохозяйственных угодий, вошедшие буферные зоны

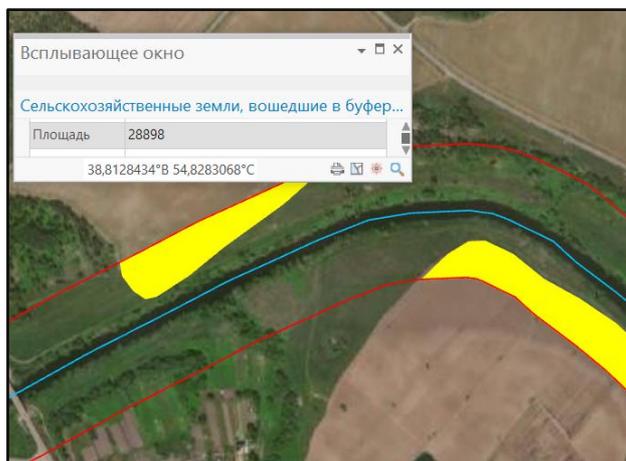


Рис. 3. Метод определения площади сельскохозяйственных угодий, вошедших в буферную зону в ГИС-программе ArcGIS Pro

Количество сельскохозяйственных территорий, вошедших в буферную зону, составило:

- Для первого участка 170,45 га.
- Для второго участка 97,26 га.
- Для третьего участка 149,55 га.
- Для четвертого участка 176,92 га.
- Для пятого участка 215,35 га.

Так как исследуемые участки №1 и №2 находятся в зоне серо-лесных почв, то коэффициент, характеризующий влияние на сток степени смывности будет равен 1, поправочный коэффициент для данного типа почв будет равен 1 и 1,08 соответственно (табл. 1).

Поправочные коэффициенты к картам поверхностного стока с пашни для различных почв [4]

Тип почвы	Коэффициент S
Чернозем типичный оподзоленный и выщелоченный тяжело- и среднесуглинистый	0,98
Чернозем типичный и выщелоченный легкосуглинистый	0,87
Серые лесные легко-, средне-, тяжелосуглинистые, светло-серые лесные легко-, тяжелосуглинистые	1,08
Темно-серые лесные среднесуглинистые, чернозем выщелоченный суглинистый	1,06

Следовательно, с сток с данных участков равен 152,63 мм

$$\dot{H}(1) = 75 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 2,01 \cdot 1,08 = 152,63 \text{ мм}$$

$$\dot{H}(2) = 75 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 2,01 \cdot 1,08 = 152,63 \text{ мм}$$

Третий участок расположен в зоне черноземов оподзоленных, следовательно, коэффициент, характеризующий влияние на сток степени смытости почв будет равен 0,94, а поправочный коэффициент 0,98.

$$\dot{H}(3) = 75 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,94 \cdot 0,98 = 130,19 \text{ мм}$$

Четвертый участок находится в зоне темно-серых лесных почвах. Для этого участка коэффициент, характеризующий влияние на сток степени смытости будет равен 1, а поправочный коэффициент для данной территории будет равен 1,06.

$$\dot{H}(4) = 75 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1,06 = 149,8 \text{ мм}$$

Пятый участок также, как и третий участок расположен в зоне черноземов оподзоленных, поэтому коэффициент, характеризующий влияние на сток степени смытости почв и поправочный коэффициент будет равняться 0,94 и 0,98 соответственно.

$$\dot{H}(5) = 75 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,94 \cdot 0,98 = 130,19 \text{ мм}$$

В зависимости от типа почв, коэффициента, характеризующего влияние на сток степени смытости почв, поправочный коэффициент и показатель стока рассчитан объем стока для 5 участков и установлено, что наибольшему риску деградации сельскохозяйственных угодий и попадания веществ в весенний период может подвергнуться пятый участок – н/п Венёв:

$$WH(1) = 170,45 \cdot 10 \cdot 152,63 = 260\,169,6 \text{ м}^3$$

$$WH(2) = 97,26 \cdot 10 \cdot 152,63 = 148\,462,7 \text{ м}^3$$

$$WH(3) = 149,55 \cdot 10 \cdot 130,19 = 194\,706,2 \text{ м}^3$$

$$WH(4) = 176,92 \cdot 10 \cdot 149,8 = 265\,054,4 \text{ м}^3$$

$$WH(5) = 215,35 \cdot 10 \cdot 130,19 = 280\,371,6 \text{ м}^3$$

Оценка влияния диффузных стоков с нарушенных земель сельскохозяйственного назначения на гидрохимический состав поверхностных вод бассейна р.Осётр.

Поскольку определение попадания взвешенных веществ в водные объекты является актуальной темой, но при всем этом сравнительно не точной и достаточно сложной задачей. Причиной этому является большой разброс, как источников загрязнения, их состава, так и условия их формирования и выноса.

Выявлению и оценке наиболее опасных для природных водных объектов источников химического и биологического загрязнения от сельскохозяйственного сектора посвящены работы Л.В. Кирейчевой, Е.А. Лентяевой (2020): авторами, на примере Тверской области, экспериментальными наблюдениями выявлена прямая зависимость

между слоем стока воды (мм), в течение периода наблюдений и массой биогенных элементов (кг), выносимых в водные объекты с единицы площади (га) сельскохозяйственных угодий; установлено, что для разных типов почв объем выноса биогенных элементов различен [1].

В работах А.В. Слабуновой, А.П. Суровикиной (2020) представлен механизм поступления диффузного загрязнения водных объектов с сельскохозяйственных угодий и отмечена масштабность проблемы диффузного загрязнения в формировании общего биогенного загрязнения водосборов малых, средних и больших рек. Установлено, что диффузное загрязнение «демонстрирует весьма существенную долю (и во многих случаях превышающую объем загрязнений, поступающих от сосредоточенных сбросов) диффузных источников в загрязнении водных объектов по таким показателям, как нефтепродукты, тяжёлые металлы, биогенные элементы, содержанию органических и взвешенных веществ» [6].

Н.И. Коронкевич, С.В. Долгов (2017) в работе по определению стока с водосбора как источника диффузного загрязнения рек рассмотрели формирование на водосборах рек и водоёмов диффузное загрязнение, вызванное склоновым поверхностным стоком. Ю.М. Нестеренко (2017) и др. в работах по оценке влияния рельефа на сток поверхностных и подземных вод на Южном Урале установлено, что более значительно влияние рельефа на поверхностный сток и инфильтрацию – на положительных формах мезорельефа, имеющих уклон больший, чем средний уклон всего склона, поверхностный сток увеличен [2,3].

На основании гипотез и результатов исследований ряда авторов, в зависимости от типа почв и поправочных коэффициентов, определяющих влияние степени смытости на поверхностный сток проведен расчет поверхностного стока загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий для 5 участков в бассейне р. Осётр. С применением дистанционных методов зондирования и ГИС-технологий выявлено что, наибольшему риску попадания загрязняющих веществ с земель сельскохозяйственного назначения в период весеннего половодья подвергнется пятый участок – н/п Венев. Участок расположен в зоне оподзоленных черноземов и характеризуется повышенным уровнем промывного водного режима.

Результаты определения наибольшего риска попадания веществ в водные объекты с сельскохозяйственных территорий вошли составной частью в исследования основных закономерностей пространственно-временной изменчивости концентраций главных ионов, биогенных элементов, органических веществ в поверхностных водах бассейна р. Осётр. При установлении связи распределения концентраций главных ионов, биогенных элементов органических веществ в системе «вода-почва», на скрининговом участке н/п Зарайск – н/п Акатьево выявлена тенденция изменения скринингового параметра – нитрат-иона – отмечено увеличение нитратов до 100 мг/л и нарушение кислородного режима водного объекта с колебанием концентрации от 3 до 6 мг/л.

Для более точного вычисления необходимо иметь представления о данных метеорологических исследований, таких как снежный покров и интенсивность его таяния, а также данные по осадкам и др. Кроме того, необходимо учитывать степень антропогенного воздействия на земли угодий – внесение удобрений, метод обработки земли, севооборота и вид культуры. Поэтому полученные показатели не являются точными и служат лишь экспериментальным поверхностным расчётом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирейчева Л.В., Лентяева Е.А. Влияние сельскохозяйственного производства

на загрязнение водных объектов // Природообустройство. 2020. – №5. – С. 18-26. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-selskohozyaystvennogo-diffuznogo-zagryazneniya-vodnyh-obektov>. (дата обращения: 27.06.2024).

2. Коронкевич Н.И., Долгов С.В. Сток с водосбора как источник диффузного загрязнения рек // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – №4 (72). – С. 103-110. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ctok-s-vodosbora-kak-istochnik-diffuznogo-zagryazneniya-rek>. (дата обращения: 27.06.2024).

3. Нестеренко Ю.М. Влияние рельефа на сток поверхностных и подземных вод на Южном Урале // БОНЦ УрО РАН. – 2017. – №4. – 9 с. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-reliefa-na-stok-poverhnostnyh-i-podzemnyh-vod-na-yuzhnom-urale/viewer> (дата обращения: 27.06.2024).

4. Подробная карта почв Российской Федерации (бывш. РСФСР) // ЭтоМесто. – URL: http://www.etomesto.ru/map-atlas_pochvennaya-karta/. (дата обращения: 27.06.2024).

5. Потапов К.А. Геоэкологический мониторинг бассейна реки Осётр с использованием ГИС-технологий: ВКР. – М.: ГУЗ, 2022. – 74 с.

6. Слабунова А.В., Суловикина А.П. О проблеме диффузного загрязнения водных объектов // Мелиорация и гидротехника. – 2020. – №2 (38). – С.124-139. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-probleme-diffuznogo-zagryazneniya-vodnyh-obektov> (дата обращения: 27.06.2024).

7. Трошина Г.С., Казновская З.А. Влияние сельскохозяйственных факторов на экологию // Информio. – 2017. – URL: <https://www.informio.ru/publications/id2921/Vlijanie-ччselskohozaistvennyh-faktorov-na-yeкологию>. (дата обращения: 27.06.2024).

8. Щеглов Д.И., Горбунова Н.С. Эрозия и охрана почв. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011. – 34 с.

РАЗДЕЛ 4. ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНОООБРАЗИЯ, ОХРАНЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ

МЕТОДИКА НЕЙТРАЛЬНОГО БАЛАНСА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Н. Алексеева, М.Р. Торгашина
nalex01@mail.ru

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Концепция нейтрального баланса деградации земель (англ., *Land Degradation Neutrality*) разработана к Конференции ООН по вопросам устойчивого развития в Рио-де-Жанейро в рамках Конвенции по борьбе с опустыниванием в 2012 г. В 2015 г. концепция была включена в Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. и закреплена в цели устойчивого развития (ЦУР) 15.3. Под нейтральным балансом деградации земель (НБДЗ) понимается «состояние, при котором количество и качество земельных ресурсов, необходимых для поддержания экосистемных функций и услуг для повышения продовольственной безопасности остаются стабильными, или увеличиваются в рамках определенных временных и пространственных масштабов и экосистем» [6].

Достижения нейтрального баланса – конечная цель концепции НБДЗ, непосредственно связанная с ЦУР 15.3. Чтобы оценить, была ли эта цель достигнута, устанавливается так называемая базовая линия – эталон, относительно которого проводятся сравнения наблюдаемого изменения природного капитала земель за период 2015–2030 гг. Для глобальных оценок в качестве базового рекомендован период 2000–2015 гг., что во многом обусловлено наличием большого массива данных ДЗЗ. Для землепользования России выбор такого периода как правило не оправдан [4], так как характерные времена процессов деградации или восстановления превышают 15-летний период.

Мониторинг и оценка НБДЗ строится на основе интеграции трех субиндикаторов: 1) состояние наземного покрова, 2) продуктивность земель, 3) запасы почвенного органического углерода (содержания Сорг в верхних 30 см профиля) [7]. Они позволяют определить динамику деградации земель за определенный период в пределах определенной территории на основе интегрального показателя доли деградированных земель от общей площади, занимаемой наземными экосистемами [2]. Территория относится к потенциально деградирующей, если хотя бы один из трех субиндикаторов указывает на это.

Методология предполагает разработку дополнительных национальных субиндикаторов, мониторинг которых мог более объективно оценивать процессы и тренды деградации на субнациональном уровне с учетом специфики стран. Однако использование новых показателей в качестве национальных индикаторов требует ведения регулярной статистической отчетности, отсутствие которой затрудняет их внедрение.

В настоящее время выполнен ряд исследований с применением методики НБДЗ и ее модификаций для регионов России: Белгородской, Калининградской, Самарской областей, юга Европейской части России [2], а также для ряда республик СНГ.

В качестве объекта для оценки НБДЗ была выбрана Воронежская область, отличающаяся стабильно высокой долей сельскохозяйственных земель (80%) в структуре земельного фонда. Использовалась базовая методика НБДЗ, с рекомендуемым плагином Trends.Earth для QuantumGIS, также привлекались данные региональной статистики. С помощью плагина Trends.Earth выполнены расчеты для двух периодов: 2001–2015 гг. («базовый период») и 2016–2021 гг. («период прогресса»), затем проведено сравнение результатов между собой. Необходимо отметить, что пользователь не может вмешиваться в алгоритмы расчета, предусмотренные плагином, но может выбрать временной период для расчета, а также набор геопространственных данных, на основе которых будет проводиться расчет.

В результате оценки НБДЗ Воронежской области, проведенной по базовой методике с использованием плагина Trends.Earth, были получены следующие результаты. За 2001–2015 гг. состояние земель на 46,1 % территории области было идентифицировано как деградированное, на 52% территории – как стабильное и 1,3% земель – как улучшенное. Деградация была в основном приурочена к Среднерусской и Калачской возвышенностям, где в наибольшей степени проявляются процессы плоскостной и овражной эрозии. Научные публикации по деградации земель подтверждают, что наибольшее проявление негативных природно-антропогенных процессов отмечалось на водосборах Среднерусской и Калачской возвышенностей, где широко распространены плоскостная и овражная эрозия, загрязнение земель радионуклидами, оползневые и карстовые процессы [5]. «Индекс НБДЗ» (разница между улучшенными и деградированными землями) [3] составил –44,80%.

За 2016–2021 гг. ухудшение состояния земель произошло на 56,34% территории, состояние 42,25% территории было определено как стабильное и на 0,85% как улучшенное. Таким образом, индекс НБДЗ составил –55,59%. За этот период региональной приуроченности деградации не было выявлено, на результат оценки, вероятно, оказали влияние экстремальные погодные условия.

Сравнительный анализ расчетов за два периода, показал, что основной ареал земель, состояние которых улучшилось, сосредоточен на крайнем юге области, в Кантемировском и Богучарском районах.

Работа в плагине TrendsEarth показала, что он имеет существенные ограничения по качеству вводимых параметров для района с высокой степенью распаханности и со стабильным характером землепользования. Как показали расчеты интегрального индикатора для Воронежской области, он практически полностью определяется результатами оценки продуктивности земель (основана на данных NDVI), при этом «вклад» показателей динамики наземного покрова (за два рассматриваемых периода произошло незначительное сокращение лесных земель и расширение застройки) и изменения содержания почвенного органического углерода составляет доли процента.

Очевидно, что данных о собственно продуктивности недостаточно, чтобы делать вывод о состоянии земель, при этом следует учитывать, что NDVI, используемый в методике как прокси-показатель продуктивности, не является достоверным индикатором урожайности сельскохозяйственных культур. Продуктивность сельскохозяйственных земель сильно зависит от климатических флуктуаций, применяемых агротехнических мероприятий, набора сортов и многих других факторов, которые необходимо учитывать при оценке. Кроме того, на ход NDVI сильное влияние оказывают экстремальные гидрометеорологические явления. Например, в «базовом периоде» это аномальная жара в июне-июле 2010 г., в «периоде прогресса» – засуха осенью 2020–2021 гг., которые привели к отклонению значений NDVI от среднего многолетнего, что повлияло на общую

линию тренда.

Сравнение параметра продуктивности (по данным, заложенным в расчеты плагина Trends.Earth) с рекомендуемым для проведения альтернативной «национальной» оценки статистическим показателем урожайности зерновых культур по муниципальным районам показала разнонаправленные тренды в 2001–2015 гг. и частично совпадающие в 2016–2021 гг. Таким образом, выводы о степени деградации земель, которые в базовой методике НБДЗ делаются преимущественно на основе параметров продуктивности земель, нельзя считать обоснованными.

В плагине Trends.Earth для оценки динамики почвенного углерода используются данные SoilGrids (проект глобального цифрового картографирования почв) и динамики земельного покрова. Поскольку SoilGrids использует информацию из различных источников за разные временные периоды, при установлении конкретного периода в плагине расчеты могут оказаться неточными. Для определения коэффициента преобразования углерода при изменениях землепользования данные SoilGrids совмещаются с картами динамики наземного покрова, с переклассификацией в 7 классов, которая учитывается в расчетах.

В Trends.Earth изменения запасов почвенного органического углерода рассчитываются исходя из динамики наземного покрова на основе усредненных данных содержания ПОУ в почвах при различных типах землепользования. Поэтому результаты расчета двух субиндикаторов так близки. В соответствии с ними в рамках исследуемых периодов потери ПОУ в пределах Воронежской области практически не происходит. Тем не менее, эти результаты нельзя считать достоверными, так как изменение содержания углерода в почвах происходит и без изменения наземного покрова. Подобный подход к оценке ПОУ неправомерен [2], особенно для сельскохозяйственных пахотных земель, распашка которых сопровождается потерями гумуса, не отраженными в результатах расчета плагина. Так, данные агрохимических обследований, проведенных в 2012–2016 и 2017–2021 гг., демонстрируют, что в большинстве районов в пределах обследованных пахотных земель произошло снижение средневзвешенного содержания Сорг в почвах [1].

Таким образом, методика НБДЗ может использоваться для Центрального Черноземья и Воронежской области только при условии ее модификации с привлечением других параметров (эродированности почв, содержания биофильных элементов – Р и К, внесения минеральных удобрений и др.). Для введения этих данных в методику оценки НДБЗ требуются соответствующие геопространственные данные по всей территории области за указанные периоды расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2021 году // Правительство Воронежской области, Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области. – Воронеж, 2022. – 209 с.
2. Беляева М.В. Опыт оценки динамики деградации земель юга европейской части России с использованием методологии нейтрального баланса деградации земель / М.В. Беляева, О.В. Андреева, Г.С. Куст, В.А. Лобковский // Экосистемы: экология и динамика. – 2020. – Т. 4, № 3. – С. 145–165.
3. Куст Г.С. Нейтральный баланс деградации земель – современный подход к исследованию засушливых регионов на национальном уровне / Г.С. Куст, О.В. Андреева, В.А. Лобковский // Аридные экосистемы. – 2020. – №2 (83). – С. 3–9.

4. Лобковский В.А. Методические подходы к установлению базовой линии для мониторинга индикаторов нейтрального баланса деградации земель в России / В.А. Лобковский, Г.С. Куст, О.В. Андреева // Проблемы региональной экологии. – 2019. – № 4. – С. 30–36.

5. Чеботарев П.М. Трансформация деградационных процессов на землях Воронежской области в последние десятилетия / П.М. Чеботарев, О.В. Спесивый, А.Б. Ахтырцев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1. – С. 173-178.

6. UNCCD. Zero Net Land Degradation. A Sustainable Development Goal for Rio+20: To secure the contribution of our planet? Land and soil to sustainable development, including food security and poverty eradication. – Bonn, 2012. – 32 p.

7. Land Degradation Neutrality: The Target Setting Programme. Электронный ресурс. – URL: <https://www.unccd.int/land-and-life/land-degradation-neutrality/projects-programmes/target-setting-building-blocks> (дата обращения: 23.03.2024).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРБАНИЗАЦИИ ПОЧВ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ РАМОНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. Боева, А.А. Подмаркова
nastya.boeva.82@mail.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Проблема «почва – человек» осложняется урбанизацией, все большим использованием земель, их ресурсов для индустриального и жилищного строительства, ростом потребностей в продуктах питания. Под влиянием антропогенной деятельности изменяется характер почвы, меняются факторы почвообразования – рельеф, микроклимат, появляются новые реки и т.д. В результате деятельности промышленных и сельскохозяйственных предприятий почвы загрязняются отходами производства и потребления, изменяются их физико-химические свойства, снижается плодородие, ухудшается качество сельскохозяйственной продукции и т.д. [1]. Поэтому охрана почв является одной из *актуальных* проблем крупных населенных пунктов. Авторы работы попытались рассмотреть решение данного вопроса на примере агропромышленного Рамонского района Воронежской области.

Цель работы заключается в исследовании влияния урбанизации почв на всхожесть семян растений на основании результатов анализа почвенных образцов, отобранных на исследуемой территории.

Рамонский район является административной единицей одного из 31 муниципальных районов Воронежской области, расположенный на севере региона в 35 км от города Воронежа. Общая численность населения (на 01.03.2024 года) составляет более 36 тыс. человек. На территории района расположено 69 населённых пунктов.

К основным источникам урбанизации почв Рамонского района можно отнести:

1) *Промышленные предприятия*, составляющие экономику района: ООО ПКФ «Рамонская керамика» – производство керамических изделий; ООО «Унипак» – производство пластиковой упаковки для пищевых продуктов; ЗАО «Компания АВА» – производство сэндвич-панелей; ООО ПКФ «НЭМС» – переработка молока и производство

молочной продукции; ООО «Бор» — переработка семян подсолнечника; кондитерский дом «Восток» (Воронеж) — кондитерская фабрика [2].

2) *Транспортная инфраструктура*: федеральная трасса М4 «Дон», пересекающая всю территорию района с севера на юг; железнодорожная станция Рамонь и подъездные пути к международному аэропорту «Воронеж»; автотранспорт (*пассажирский, грузовой и др.*) Рамонского района и др.

Летом 2023 года на территории Рамонского района в качестве объекта исследования были отобраны 8 проб почвенных образцов в различных функциональных зонах, местоположение которых приведено в таблице 1.

Таблица 1

Местоположение точек отбора проб почвы

№ пробы	Функциональная зона	Местоположение и адрес точек отбора проб почвы
1	Промышленная	На территории южной части ООО «СтройТранс Технологии» Бетонный завод, пос. ВНИИСС, участок 129
2	Промышленная	На территории северной части ООО «Бетагран Рамонь», с. Айдарово зд.189/2
3	Жилая застройка (частный сектор)	Северо-восточная часть с. Айдарово ул. Центральная
4	Жилая застройка (многоэтажки)	Восточная часть п. ВНИИСС, пятиэтажка №76
5	Транспортная	д. Галкино в 10 м от трассы М-4 Дон
6	Транспортная	с. Айдарово, автодорога ул. Победы
7	Рекреационная	Айдаровский парк, расположенный в центре с. Айдарово (отбор пробы в северной части парка)
8	Контрольный участок (фон)	Степная часть на северной окраине с. Айдарово

В отобранных и подготовленных образцах проводили определение фитотоксичности почв методом проростков тест-культуры. Этот метод позволяет выявлять токсичное или стимулирующее действие, активизирующее развитие тест-культур при внесении в почву удобрений, мелиорантов, загрязняющих веществ. Семена тест-растений высеваются в стаканы, заполненные загрязненной и незагрязненной (условно чистой) почвой [5]. В лабораторных условиях тест-культуры выращиваются в течение 10 дней. В процессе опыта наблюдают за следующими показателями: время появления всходов и их число на каждые сутки; общая всхожесть (к концу опыта); измеряют регулярно длину надземной массы (высоту растений). После окончания эксперимента, растения осторожно отделяют от земли, просушивают, стряхивают остатки почвы и измеряют окончательную длину надземной части растений, длину корней, затем высушивают растения на воздухе и отдельно взвешивают длину корней и длину надземной части (стеблей).

Сопоставление этих данных позволяет выявить факт фитотоксичности или стимулирующего действия. Фитотоксический эффект (ФЭ, %) может быть рассчитан по разным показателям (по средней длине или массе стеблей и корней). Если значение фитотоксического эффекта положительное, то наблюдают эффект стимуляции. Если значение фитотоксического эффекта отрицательное, то наблюдают эффект ингибирования [3]. Ингибиторы роста растений – вещества, тормозящие рост растений, т.е. подавляющие распускание почек, про-

растание семян и рост стебля.

В данных исследованиях проведена оценка состояния почвенного покрова по показателям фитотоксичности. Тест-растения обычно выбирают среди наиболее чувствительных к загрязняющим компонентам видов. В качестве тест-объекта выбран представитель двудольных растений – *горчица полевая*, которую часто рассматривают в качестве индикатора суглинистых и перегнойных почв. Она предпочитает рыхлые плодородные почвы. На почвах с повышенной кислотностью почти не произрастает.

Оценка фитотоксичности показала, что 100% всхожесть всех семян горчицы наблюдается только в контрольной пробе, т.е. в «условно чистой» зоне. Количество проросших семян в зависимости от функциональной зоны существенно отличается от всхожести семян в контрольной пробе. *Наименьшая всхожесть* семян горчицы зафиксирована: от 50 до 60% в транспортной зоне (проба №5 и 6); 70% в промышленной зоне (проба №1); 70% также в зоне рекреации (проба №7).

Следует отметить среднюю всхожесть семян горчицы (70%) в зоне рекреации (проба №7). По всей видимости, это связано с тем, что горчица предпочитает рыхлые плодородные почвы. На почвах с повышенной кислотностью она произрастает хуже. В связи с тем, что проба №7 была отобрана на территории Айдаровского парка, в составе которого преобладающую часть составляют хвойные деревья, следовательно, почва имеет повышенную кислотность.

Результаты исследований свидетельствуют о наличии антропогенного загрязнения некоторых почвенных образцов, отобранных на урбанизированных территориях Рамонского района. Однако, для почвы, отобранной в зоне рекреации, не корректно говорить об антропогенном влиянии урбанизации данной территории, так как в этом случае доминирующее значение приобретает природное свойство почвы.

В зависимости от результатов всхожести семян почве присваивается один из 4 уровней загрязнения, характеристика которых приведена в таблице 2 [4].

Таблица 2

Уровень загрязнения почв в зависимости от всхожести семян

№	Всхожесть семян, %	Характеристика всходов	Уровень загрязнения почвы
1	90 – 100	всходы дружные, крепкие, ровные	Загрязнение отсутствует
2	60 – 90	проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные	Слабое загрязнение
3	20 – 60	проростки короче и тоньше, некоторые проростки имеют уродства	Среднее загрязнение
4	менее 20	проростки мелкие и уродливые	Сильное загрязнение

Результаты расчета показали, что средняя всхожесть семян составляет 75%, что в соответствии с таблицей 2, свидетельствуют о наличии «слабого» уровня загрязнения исследуемых почвенных образцов, отобранных на урбанизированных территориях Рамонского района Воронежской области.

Вывод №1. Таким образом, по результатам всхожести семян горчицы видно, что антропогенное влияние уже заметно для транспортной и промышленной зоны как наиболее урбанизированных почв на территории Рамонского района. Уровень загрязнения почвы оценивается как «слабый».

Результаты замеров морфометрических параметров проростков исследуемого тест-растения – горчицы показали, что на 10 сутки эксперимента они отличаются более, чем на 20% от показателей контрольной пробы следующим образом:

– 2 пробы транспортной зоны по *длине побегов* (проба №5 – 69,7% и проба №6 – 78,8%);

- 5 проб по *длине корней*, в том числе: 2 пробы промышленной зоны (проба №1 – 32,6%, проба №2 – 63%); 1 проба многоэтажной застройки (проба №4 – 60,8%); 2 пробы транспортной зоны (проба №5 – 17,4%, проба №6 – 13%).

Вывод №2. Таким образом, при проращивании семян горчицы наблюдается токсичность некоторых почвенных проб, так как для 25% проб наблюдается угнетение роста наземной (*стебли*) части и для 62,5% проб наблюдается угнетение роста подземной (*корневой*) системы проростков.

Расчет фитотоксического эффекта исследуемых почвенных образцов выполнен по длине наземной (*стебли*) и подземной (*корневой*) части горчицы, результаты которого показали, что почвы для всех исследуемых проб имеет положительное значение, следовательно, наблюдается эффект стимуляции роста взятого тест-растения. Отрицательное значение фитoeffекта, показывающий на эффект ингибирования (угнетения) растения, отсутствует.

Анализ показал, что по длине надземной части (*стеблей*), сильно отличаются 2 пробы почвы транспортной зоны (проба №5 и 6), которые обладают *средней* фитотоксичностью для проращивания семян горчицы (ФЭ= 30,3% и 21,2%). Для остальных проб наблюдается относительно *низкая* степень фитотоксического эффекта (от 7,0 до 19,7%).

Если оценивать длину подземной части растений (*корней*), то *высокой* токсичностью обладают 2 пробы почвы (№5 и 6) транспортной зоны (ФЭ= 82,6% и 87%). *Средней* фитотоксичностью для проращивания семян горчицы обладают 2 пробы (№1 и 2), расположенные в промышленной зоне (ФЭ= 67,4% и 37%) и 1 проба (№4) жилой многоэтажной застройки (ФЭ= 39,1%). Для остальных проб наблюдается относительно *низкая* степень фитотоксического эффекта (от 4,4 до 17,4%).

Вывод №3. Таким образом, оценка фитотоксического эффекта показала изменение токсичности исследуемых почв в зависимости от функциональных зон урбанизированных территорий. *Высокая* степень токсичности почвы (ФЭ= 82,6% и 87%) обнаружена вблизи транспортной зоны; *средняя* – в промышленной зоне и в зоне жилой многоэтажной застройки (ФЭ= 67,4%, 37% и 39,1% соответственно).

Фитотоксичность является комплексным показателем загрязнения почвы, т.е. это свойство подавлять нормальный рост, развитие высших растений. Определение данного параметра является важным не только в агроэкосистемах, но и в урбанизированных зонах. Это объясняется тем, что почва как депонирующая среда, накапливает токсиканты, а, следовательно, влияет на рост городских растений. Общеизвестно, что создание комфортной среды обитания человека является приоритетным направлением в городах любой численности [5].

Таким образом, проблема загрязнения почвенного покрова особенно остро наблюдается на урбанизированных территориях, поэтому изучение фитотоксичности почв является весьма перспективным направлением. Использование методов биотестирования, основанных на ответной реакции живых организмов на негативное воздействие загрязняющих веществ, позволяет дать достоверную информацию о качестве компонентов окружающей среды, в том числе почв.

На основе проведенных исследований по изучению фитотоксичности почв Ра-

монского района можно сделать следующий вывод.

Общий вывод №4. В целом для территории Рамонского района Воронежской области состояние урбаноземов можно охарактеризовать как *удовлетворительное*. А проведение комплексных исследований почвенного покрова является актуальным направлением экологической диагностики состояния урбанизированной среды малых городов Воронежской области, в частности почв территории Рамонского района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропогенные почвы: учеб. пособие / М.И. Герасимова [и др.]. – Москва: Юрайт, 2019. – 236 с.
2. Инвестиционный паспорт Рамонского муниципального района / Департамент экономического развития Воронежской области ОГБУ «Агентство по инвестициям и стратегическим проектам». – Воронеж, 2018. – 116 с.
3. Клевцова М.А. Оценка экологического состояния почвенного покрова города Калача Воронежской области / М.А. Клевцова, Т.В. Багмутова // Экогеохимия и биоиндикация техногенных рисков территорий интенсивного антропогенного освоения. – Воронеж: Научная книга, 2018. – С.110-124.
4. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений / М.Г. Опекунова. – Санкт-Петербург: Изд-во СПб. ун-та, 2004. – 266 с.
5. Шабалина О.М. Фитотестирование городских почв с помощью пшеницы (*Triticum aestivum*) и ячменя (*Hordeum sativum*) / О.М. Шабалина, Т.Н. Демьяненко // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 3. – С. 107-112.

КОНЦЕПТ ПРИРОДООХРАННОГО ЛАНДШАФТА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В ЮГО-ЗАПАДЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (ХАСАНСКИЙ РАЙОН)

В.Н. Бочарников, К.Ю. Базаров
vbocharnikov@mail.ru, kbazarov@mail.ru

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Десятилетия научных исследований позволили сформировать новое понимание взаимодействия человека и мира природы, рассматривая его как диалектический процесс, где в экологическом подходе, на системном уровне отображаются сложные взаимосвязи в единой биосферной среде [3]. Сохранение ландшафта — это подход, который объединяет различные форматы природоохранной деятельности в разных географических регионах мира. *Охрана природы* – система мероприятий, направленных на сохранение и контролируемое изменение природы, обеспечение рационального использования природных ресурсов, охрану генофонда» [2].

Мировой опыт показывает, что для эффективного сохранения биоразнообразия, поддержания естественных экологических функций и адаптивной устойчивости биосферы к серьезным изменениям земного климата практики сохранения природы должны выходить за рамки, нередко выделенных административно-территориальных произвольно границ, выходить за рамки подхода, основанного на конкретных участках, от участка к участку, но в отдельных случаях, возможно и даже необходимо обеспечивать разработку природоохранной политики на локальном уровне, интегрированной в глобальные зада-

чи.

Южная часть Дальнего Востока России относится к территории, где безусловно доминируют горнолесные ландшафты, и в то же время здесь же наблюдается также значительное разнообразие в представленности основных составляющих природной среды. В рамках комплексной оценки состояния биоразнообразия (Бочарников и др., 2004) на юге Дальнего Востока азональный классификационный анализ соответствия позволил выявить 5 типов биоразнообразия, где возможно применить способ приоритизации: высокое инвентаризационное и дифференцирующее БР (Сихотэ-Алинские горы); высокое инвентаризационное БР (Восточно-Маньчжурские горы и Приханкайская низменность); высокое дифференцирующее БР (Буреинское нагорье); высокое «орнитологическое» БР (Зейско-Буреинский и Среднеамурский равнинные, Нижнеамурский горно-долинный экорегионы); крупные массивы девственных таежных лесов («северные» территории) [1].

Хасанский муниципальный район (ХМР) – лидер территориальной охраны живой природы в Приморском крае (ПК). Справочные материалы по охраняемым территориям ХМР, взятые из базы данных ФГБУ "ААНИИ", Лаборатория геоинформационных технологий отмечают 24 природоохранных объекта. Из них: заказник «Барсовый», «Борисовское плато» были реорганизованы и вошли в состав национального парка «Земля леопарда». Интересна история заказника государственного природного заказника «Леопардовый» (площадь 169, тыс. га), который был реорганизован в 2008 г. из зоологического заказника «Барсовый», созданного в 1979 г. для охраны редких видов диких зверей – амурского барса, амурского тигра, горала и дальневосточного кота на площади 106 тыс. гектаров. На территории ХМР ранее был организован природный парк «Хасанский», номинированный (13.09. 1994 г.) в перечень водно-болотных угодий международного значения, но до сих пор, находящийся в листе ожидания данного статуса.

Природный парк имеет важнейшее значение в контексте исполнения Российской стороной обязательств, вытекающих из решений международной Конвенции "О водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитания водоплавающих птиц" от 02.02.1971, а также трех двухсторонних международных конвенций: Российско (Советско) – Японской "Об охране перелетных птиц и птиц, находящихся под угрозой исчезновения и среды их обитания" (1973 г., срок действия продлен в 1991 г.). Парк включен в состав ключевых орнитологических территорий РФ, поскольку является важнейшей территорией для сохранения мигрирующих птиц.

Пограничное положение ХМР дало основание для заключения Советско-Корейской (КНДР) конвенции "Об охране перелетных птиц и птиц, находящихся под угрозой исчезновения и среды их обитания" (1987 г.) и Советско (Российско)-корейской (Республика Корея) "Об охране перелетных птиц и птиц, находящихся под угрозой исчезновения и среды их обитания" (1994 г.). Международные обязательства отражены соответствующим действующим Постановлением администрации края от 26.05.1995 N 276 "О статусе водно-болотного угодья в южной части Хасанского района".

Природный парк имеет важнейшее значение в контексте исполнения Российской стороной обязательств, вытекающих из решений международной Конвенции "О водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитания водоплавающих птиц" от 02.02.1971, а также трех двухсторонних международных конвенций: Российско (Советско) – Японской "Об охране перелетных птиц и птиц, находящихся под угрозой исчезновения и среды их обитания" (1973 г., срок действия продлен в 1991 г.). Бухты Залива Посьета (Новгородская, Экспедиции, Рейд Пал-

лада) (16,6 тыс. га, охранная зона 6,7 тыс. га) официально утверждены в статусе памятников (водных) природы, ценных для воспроизводства ценных видов рыб и морских беспозвоночных. Существует охраняемая пещера «Богатая фанза» (12 га, охранная зона 2,6 га) – образовательная и исследовательская ценность.

Сохранили действующий статус ООПТ: памятник природы «Бухта Миноносок» (43,0 га, охранная зона 264, 4 га), организованный для сохранения бухты залива Славянский. Озеро «Ковчег» (83,3 га, охранная зона 107,6 га) – водный памятник природы, место остановки перелетных птиц к местам гнездования, место произрастания лотоса. Участок лагуны Огородная и озеро Большое Круглое (750,0 га, охранная зона 336,8 га) – водный памятник природы, место остановки японских и даурских журавлей (Красная книга РФ) во время перелета к местам гнездования. Сопка Сидари (60 га, охранная зона 76,7 га) – место обитания редких видов – японского крота и овсянки Янковского. Крупнейшая зимовка нескольких видов змей. Место произрастания растений-эндемиков Дальнего Востока. Сопка «Голубиный утес» (212,0 га, охранная зона 129,0 га) – место обитания редких видов – японского крота и овсянки Янковского. Крупнейшая зимовка нескольких видов змей. Место произрастания растений-эндемиков Дальнего Востока.

Современная экспликация природоохранной территории государственного национального парка «Земля леопарда» (общая площадь 471 тыс. га) сформирована на кластерной основе, и включает крупные ООПТ: Заповедник "Кедровая падь", Охранная зона национального парка "Земля леопарда", Национальный парк "Земля леопарда", Дальневосточный морской заповедник, Уссурийский государственный природный заповедник им. В.Л. Комарова, кластер Гамовский [4]. Статус памятника природы утратили, но имеют ценное рекреационное значение: «Бухта Нарва», «Коса Назимова-бухта Пемзювая», «Бухта Северная – полуостров Янковского», «Красный Утес», «Мыс Брюса- мыс Нерпа», острова Антипенко, Сибирякова, Лечебно-оздоровительная местность месторождения лечебных грязей «Ясное», Посъетская, Федоровский рудник.

Россия играет ведущую роль в мире по сохранению глобальных экологических условий. В биогеографии зональные экосистемы в пределах одной определенной зоны свойственны наиболее характерным для нее водораздельным местоположениям и занимают чаще относительно обширные пространства. Пространственно-временная организация в пределах природоохранного ландшафта осуществляется с учетом многих условий, предпосылок и факторов, но все множество может подразделить на те, что входят в потребности и интересы людей, и те, которые рассматриваются с позиций сохранения экологического равновесия, таковые считаются также геопространственными и территориальными условиями и предпосылками, иногда ресурсами.

ХМР по биогеографической классификации входит в отдельный Восточно-Маньчжурский горный экорегион. Общая площадь 12 тыс. км², из них ООПТ занято 3,5 тыс. км² (то есть 29,2%). Территория экорегиона относится к бассейнам оз. Ханка и Японского моря (в т.ч. рек. Раздольная и Туманган). Зональными экосистемами являются субпацифические неморальные частично остепненные леса; эвпацифические неморальные леса. К аazonальным экосистемам (включая и интразональные) традиционно относят различные виды болот, солончаки, пойменные экосистемы (в том числе, тугайные леса), экосистемы морского побережья, скалистых обнажений, а также пещер [1]. Основными «почеркообразующими» видами являются виды из субтропического фаунистического комплекса Северной Маньчжурии и Кореи, который описан чрезвычайно фрагментарно – в связи с тем, что на основной части территории его распространения комплекс претерпел значительную антропогенную трансформацию к моменту появления современных методов исследований.

Экосистемы морского побережья представляют собой совершенно особые природно-территориальные образования, населенные разнообразными формами жизни. Исключительная функциональная роль как для наземных, так и морских местообитаний принадлежит морским млекопитающим, многие из которых образуют крупные скопления на пляжах в репродуктивный период. Нельзя не отметить, что морские организмы обладают огромным числом приспособлений, варьирующих от образований, позволяющих крошечным растениям держаться в верхних слоях воды, до огромных ртов и желудков глубоководных рыб, живущих в темном, холодном мире. Причем многие из них способны образовывать значительные скопления на морском побережье и прибрежной акватории в период, размножения, миграций, кочевок, а также на местах кормежек. Здесь пищевые организмы обладают крупными размерами, немногочисленны и сильно разбросаны в пространстве.

Орнитофауна юго-запада Приморья насчитывает более 220 видов птиц, а с учетом прибрежно-морских птиц этот список увеличивается до 250 видов, из них 6 видов были занесены в Красные Книги МСОП, России и региональную Красную Книгу. 124 вида на этой территории зарегистрированы как гнездящиеся (оседлые, частично перелетные и перелетные). Птицы, экологически связанные с морскими побережьями, способны заселять в этих условиях самые разнообразные места обитания. Следуя по многолетним экологическим руслам или устоявшимся пролетным путям, птицы в период миграций находят в ХМР удобные места для отдыха и пополнения жировых запасов. Особенно важны длительные задержки водно-болотных птиц в период весеннего пролета, когда восполнение энергетических ресурсов птиц необходимо не только для продолжения миграции, но и для эффективного размножения по прибытию в район размножения.

Озерные и речные экосистемы во многом отличны от морских: у речных экосистем соотношение размеров береговой полосы и водной массы благоприятствует образованию ценозов береговых откосов, в состав которых входят амфибии, птицы и млекопитающие (в частности, ондатра, выдра и водяная крыса). Высокая насыщенность территории сезонными пищевыми ценозами связана с наличием в ХМР обширных водно-болотных угодий. Массовые остановки птиц могут длиться недели, и даже месяцы, а миграция по сути своей приобретает поэтапный характер, включая в миграционный цикл птиц чередование этапов транзитного перемещения с этапами трофических задержек в местах размещения подходящих ВБУ. В таких условиях, особое значение имеет обеспечение природоохранной экономики, которая в настоящее время практически не рассматривается в контексте обоснования позиций ведения зеленой экономики.

Считается, что именно хищники, определяя число растительноядных животных, в конечном итоге регулируют структуру и плотность растительного покрова, но в биоценозах ХМР существуют виды, доминирующие по массе и развитию, в прошлом, а некоторые и сейчас являются объектами промысла. В природоохранном отношении, фокусный элемент, это – сохранение жизнеспособной популяции амурского тигра и дальневосточного леопарда. Они как правило играют роль средообразователей, так охрана дальневосточного леопарда в естественной среде его обитания в природоохранном ландшафте ХМР неразрывно связано с сохранением полноценных лесных биоценозов, фрагментация которых началась еще в XIX в.

Концепция природоохранного ландшафта может быть апробирована только практикой, и в этой связи, ХМР во всей азиатской части России является одним из наиболее подходящим территориальным полигоном. В современных условиях представляется необходимым отдельно выполнить специальную работу по формализации и организации данных в качестве информационного обеспечения, и для природоохранной паспортиза-

ции всех типов ООПТ, а также неохранных природных территорий, имеющих важное значение. Данный процесс требует не только регулярных учетов хищников, но научного мониторинга биоценозов и сообществ, поскольку важна группа эдификаторов, которые не всегда совпадают с массовыми группами-доминантами. Рассматривая экосистемные функции ХМР, и как предварительный вывод можно заключить, что естественные экосистемы, сохраненные в России, могут рассматриваться как «кредит существования» тем странам, где природные экосистемы утрачены.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ (проект № 22–17–00186, «Потенциал приморских поселений для долгосрочного устойчивого развития: содержание и методы оценки на примере Тихоокеанской России») и в рамках Соглашения о представлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий от 19 сентября 2023 г. № 075-15-2023-584.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочарников В.Н., Мартыненко А.Б., Глущенко Ю.Н., Горовой П.Г., Нечаев В.А., Ермошин В.В., Недолужко В.А., Горобец К.В., Дудкин Р.В. Биоразнообразие Дальневосточного экорегионального комплекса. – Владивосток: Апельсин, 2004. – 188 с.
2. Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины. Советская энциклопедия. – М., 1988. – 129 с.
3. Бочарников В.Н. Географическая экология эпохи Антропоцена. – Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2022. – 274 с.
4. «Земля леопарда». Электронный ресурс: <https://www.leopard-land.ru/territory> (дата обращения: 26.07.2024).

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ И ГРАНИЦА РАСПРОСТРАНЕНИЯ *GAGEA BULBIFERA* (PALL.) SALISB. В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

*Д.Р. Владимиров, А.Я. Григорьевская, О.В. Житенёва,
М.Д. Золотых, М.А. Шишкин
kvint_88@mail*

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Среди видов растений, редких для Центрального Черноземья, есть малочисленная экологическая группа ранневесенних степных эфемероидов, отличающаяся очень коротким вегетационным периодом. Мониторинг ценопопуляций этих видов растений, равно как и выявление новых локалитетов, осложняется весенней распутицей, т.к. многие полевые дороги чернозёмной полосы становятся непроезжими для легкого автомобильного транспорта. Когда в конце апреля или начале мая они высыхают, у растений обычно завершается вегетация.

Одним из представителей этой экологической группы является *Gagea bulbifera* (Pall.) Salisb. – вид с обширным ареалом, охватывающим юго-запад европейской части России, Кавказ, Западную Сибирь, Среднюю и Центральную Азию [3]. По юго-востоку Центрально-Чернозёмного района – Воронежской и Белгородской областям – проходит северная граница ареала этого гусиного лука. О пространственном размещении и пределе распространения вида в Центральном Черноземье и пойдёт речь в статье. Для удобства обзора находок вида области рассматривается отдельно.

Воронежская область. Впервые в Воронежской области *Gagea bulbifera* найден 19.04.1913 П.П. Орловым на территории современного Таловского муниципального района в Каменной степи на «мягкой залежи близ склона Таловой балки» (LE – гербарий *Ботанического института РАН*). С 2011 года гусиный лук луковиценосный взят под охрану в регионе, в 2018 он включён в очередное издание Красной книги [6] с присвоением 3 категории редкости. В Красной книге Воронежской области сообщается о 10 местонахождениях вида в 5 муниципальных районах – Богучарском, Кантемировском, Новохопёрском, Новоусманском и Россошанском. После выхода последнего издания региональной Красной книги, а также двух текстовых баз данных «Охраняемые сосудистые растения Воронежской области» [8] и «Кадастр сосудистых растений, охраняемых на территории Воронежской области» [5] все известные сведения о распространении гусиного лука луковиценосного были внесены в пространственную базу данных «Охраняемые сосудистые растения Воронежской области» (БД).

После 2021 года в рамках ведения БД поиск новых местонахождений *Gagea bulbifera* продолжился. С 2022 по 2024 гг. вид впервые зарегистрирован сотрудниками и студентами факультета ГГиТ ВГУ в **Грибановском районе**: 06.04.2024, северо-западной с. Васильевка, балка Крутенькая, левый степной склон южной экспозиции, Д.Р. Владимиров, О. Житенёва, М. Золотых, М. Шишкин (VORG – *гербарий факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ*). В **Павловском районе**: 27.04.2022, 1,3 км юго-восточней с.Момотов, верховье реки Гаврило, степная балка, Д.Р. Владимиров (фототека VORG). В **Поворинском районе**: 23.04.2022, южнее пос.Пески, долина р.Свинцовка, балка южной пруда Медвежий, правый степной склон, Д.Р. Владимиров (VORG); 23.04.2022, между пос.Пески и с.Самодуровка, правый берег р.Свинцовка, степной склон, Д.Р.Владимиров (фототека VORG); 04.05.2024, окр. с. Вихляевка, балка Вихляевка, правый степной склон южной экспозиции, Д.Р. Владимиров (фототека VORG). В **Терновском районе**: 22.04.2022, левобережье р.Елань северо-восточней с.Козловка, степной склон, Д.Р. Владимиров (VORG).

В муниципальных районах, где гусиный лук ранее отмечался, найдены его новые локалитеты. В **Новохопёрском районе** ранее неизвестные местонахождения выявлены: 05.05.2022, окр. пос.Михайловский, долина р.Татарка, правый степной склон, Д.Р. Владимиров (VORG); 10.05.2022, правобережье р.Савала, серверная окраина с.Красное, левый степной склон ручья Казачий, Д.Р.Владимиров (фототека VORG); 06.04.2024, западная окраина с. Алфёровка, балка Алфёровка, левый степной склон южной экспозиции, Д.Р. Владимиров, О. Житенёва, М. Золотых, М. Шишкин (VORG). В **Аннинском районе**: 14.05.2022, южнее с.Рамонье, левый степной склон лога Кисельный, Д.Р. Владимиров (VORG); 26.06.2022, окр. с.Бабинка, засоленные степные склоны на правобережье р.Токай у оз.Бабье, Д.Р. Владимиров (фототека VORG).

В ходе ревизии гербарного фонда VORG в 2023 году Д.Р. Владимировым перепределен как *Gagea bulbifera* образец из Калачеевского муниципального района «окр. с.Новомеловатка, степной склон, 14.05.2010, А.Я. Григорьевская (VORG)». Также в фототеке VORG были обнаружены фотографии вида из Воробьёвского муниципального района: «25.04.2015, окр. с.Никольское-2, склон на левом берегу реки, Д.Р. Владимиров».

Кроме того, в БД добавлены сведения о двух находках из международной базы данных биоразнообразия iNaturalist: 30.04.2021, Россошанский район, южнее с. Поддубное, степной склон (N 49.8685°, E 39.37013°), naturalist29626paterikina, ID 77417967; 15.04.2023, Богучарский район, северная окраина с. Грушево, на меловом склоне (N 50.01941°, E 40.60052°), apseregin, ID 162813641.

Существенно дополнили картину распространения гусиного лука луковичносно-го в Воронежской области сведения из личного фотоархива М.Л. Зайцева, которые он любезно передал авторам статьи. Так, он впервые отметил этот вид в Аннинском, Бобровском, Каменском, Лискинском, Петропавловском и Подгоренском муниципальных районах.

На сегодняшний день в БД числятся 70 локалитетов *Gagea bulbifera* из 20 административно-территориальных единиц Воронежской области (Аннинский, Бобровский, Богучарский, Верхнемамонский, Воробьёвский, Грибановский, Калачеевский, Каменский, Кантемировский, Лискинский, Новохопёрский, Новоусманский, Павловский, Петропавловский, Поворинский, Подгоренский, Россошанский, Таловский, Терновский муниципальные районы и Борисоглебский городской округ). Для сравнения, опубликованная в 2021 году [8] карта пространственного размещения гусиного лука, включала 23 местонахождения в 10 административно-территориальных единицах региона. Также, что на прежней карте была не точно геолоцирована находка гусиного лука: «окр. с. Ивановка, в 2,5 км к северу от села, пологий склон долины р. Левая Богучарка, разнотравно-ковыльная степь N 49.74714 E 40.32668, 01.05.2011, С.В. Дудов, М.В. Бочарников, А.П. Жмылева (MW)» [7], исправленная на рисунке (рис. 1).

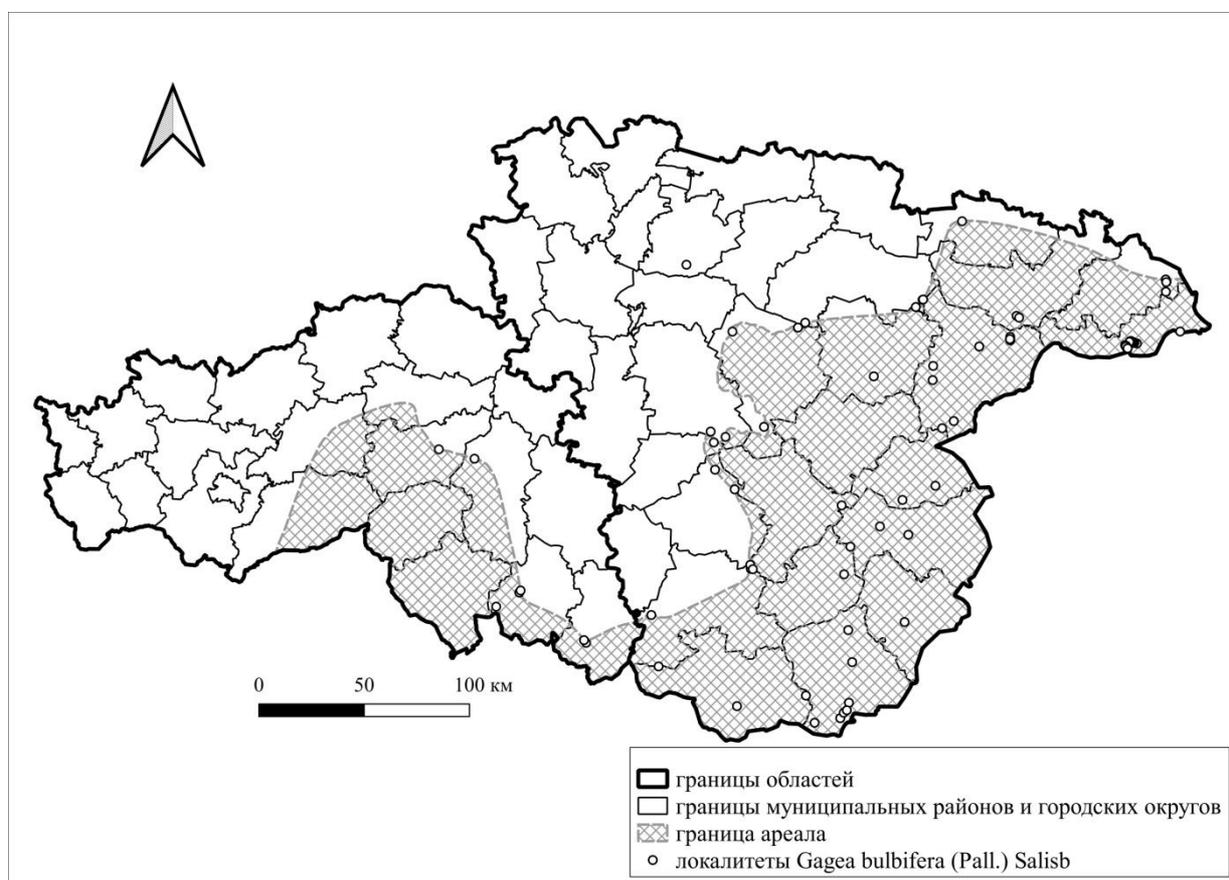


Рис. 1. Карта пространственного размещения и границ распространения *Gagea bulbifera* (Pall.) Salisb.

Белгородская область. В Белгородской области *Gagea bulbifera* хотя не занесен в региональную Красную книгу, но включён в список видов, рекомендуемых к охране [4]. Сведения о его распространении авторы стати почерпнули из гербарных коллекций MW и МНА, а также из публикаций А.В. Гусева и Е.И. Гусевой. Анализ источников

позволил выяснить, что гусиный лук луковиценосный встречается в Валуйском, Вейделевском, Волоконовском, Корочанском, Красногвардейском, Новооскольском, Ровенском и Чернянском муниципальных районах [1, 2, 4, 7].

Для ряда районов – Корочанского и Чернянского – точные местонахождения выяснить не удалось, что не позволило достоверно нарисовать юго-западную границу гусиного лука в Центральном Черноземье. Пояснения требует и исключение из числа пограничных точек местонахождения гусиного лука на степном правобережном склоне р. Тамлык, близ с. Рогачевка [7]. Гербарный сбор сделан почти 80 лет назад, 14 мая 1945 года В.Н. Ворошиловым, и с тех пор находки вида ни с этого местонахождения, ни с других в Новоусманском муниципальном районе не повторялись. Не исключено, что специальные полевые обследования этой территории в будущем позволят вновь зарегистрировать *Gagea bulbifera*.

Представления о границах распространения гусиного лука луковиценосного, как и об узоре его пространственного размещения не окончательны (рис. 1). Обращает внимание отсутствие находок вида в Бутурлиновском районе Воронежской области и в Шебекинском городском округе Белгородской области. Следует ожидать регистрации вида в этих административно-территориальных единицах, т.к. природно-климатические условия для его произрастания подходящие. Также очень вероятно встреча гусиного лука в Ольховатском, Острогожском, Алексеевском муниципальных районах, менее вероятно в Каширском, Панинском и Эртильском муниципальных районах.

Актуально проведение поиска *Gagea bulbifera* на юге и юго-востоке Тамбовской области (в Токаревском, Жердевском, Уваровском и Мучкапском муниципальных районах), где вид ранее не отмечался. Предварительный анализ спутниковых снимков и ландшафтных карт позволяет предположить, что новые местонахождения гусиного лука луковиценосного могут быть найдены в долинах рек Сухой Карачан, Большая Елань, Большая Алабушка, Савала и Ворона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Охраняемые виды сосудистых растений балки Ханова. Новооскольский район // Особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы и перспективы развития: Материалы VIII международной науч.-практ. конф. школьников. – п. Борисовка, 23 апреля 2009 г. – Белгород: Изд-во «Везелица», 2009. – С. 155-163.
2. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Флористические находки в восточных и юго-восточных районах Белгородской области // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013: Матер. межрегион. науч. конф. (г. Курск, 6 апреля 2013 г.). – Курск, 2013. – С. 16-20.
3. Давлианидзе М.Т. Род 132. Гусиный лук — *Gagea Salisb.* // Флора Европейской части СССР. Т. IV. – Л.: Наука, 1979. – С. 220–231.
4. Ермакова Е.И., Гусев А.В. Материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области. Растения. Региональный список. Часть 2 // Научные ведомости БелГУ. – 2014. – № 10 (181). Сер. «Естественные науки». Вып. 27. – С. 15-23.
5. Кадастр сосудистых растений, охраняемых на территории Воронежской области / под ред. В.А. Агафонова. – Воронеж: Цифровая полиграфия, 2019. – 440 с.
6. Красная книга Воронежской области. Т. 1: Растения. Лишайники. Грибы. в 2 т. / под ред. В.А. Агафонова. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. – 412 с.
7. Серегин А.П. (ред.) Цифровой гербарий МГУ: Электронный ресурс. – М.:

МГУ, 2024. – Режим доступа: <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения: 06.07.2024).

8. Щербаков А.В. Охраняемые сосудистые растения Воронежской области / А.В. Щербаков, А.Я. Григорьевская, Д.Р. Владимиров, А.С. Субботин, А.А. Мирошникова, О.В. Якименко, С.Н. Фатин. – Воронеж: Изд-во «Цифровая полиграфия», 2021. – 446 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА)

Г.Н. Гаджиева
hgulnarn@gmail.com

*Министерство науки и образования Азербайджанской Республики
Институт географии имени акад. Г.А.Алиева, г. Баку, Азербайджан*

На высоте 200-400 м над уровнем моря на коричневых послелесных почвах распространена кустарниково-степная растительность, кустарниковые заросли состоят из держи-дерева, боярышника, алычи, шиповника и др. Климат этой полосы умеренно-теплый с сухим летом, средняя температура за июль 20-25°, за январь - от 0 до -3°. Осадки выпадают за год, в нижней части распространения кустарниковых зарослей 300-400 мм (за тёплое полугодие-100-200 мм), в верхней части - 400-600 мм (за тёплое полугодие 200-300 мм). По увлажнению Э.М.Шихлинским эта полоса отнесена к умеренно-засушливому типу, где за год увлажнения 50-70 %, за лето менее 40% [1]. Территория, занятая кустарниковыми зарослями, представляет аллювиально-пролювиальную наклонную, слабо расчлененную, волнистую равнину четвертичного периода. Почвообразующими породами являются делювий глинистый, суглинистый карбонатный.

От 300-400 м до 700-800 м высоты над уровнем моря местами, в междуречьях Кудиалчай-Кусарчай и Карачай-Шабранчай сохранились дубовые, грабово-дубовые и грабовые леса [5]. Основной лесообразующей породой здесь является дуб грузинский. В лесах в качестве примеси участвуют ясень, клён, липа. Приречные леса имеют смешанный состав с участием лиан. Местами леса прерываются кустарниковыми зарослями из держи-дерева, боярышника, алычи, шиповника и др. В травянистом покрове дубовых и грабово-дубовых лесов преобладают ежа сборная, клевер, воробейник, фиалка, коротконожка, лесная земляника мятлик и др. Подлесок состоит из боярышника, кизилия, мушмулы, алычи, бересклета, ежевики и др.

Лесорастительные условия района распространения этих лесов недостаточно благоприятны для формирования высокопродуктивных лесов [2]. Климат умеренно-теплый с почти равномерным распределением осадков за год порядка 400-600 мм (за тёплое полугодие 200-300 мм) По данным Кубинской и Конагкендской метеостанций средняя месячная Шихлинский относит эту зону к умеренному и засушливому типу увлажнения, где увлажнение за год 50-100 %, за лето – 50-40 % и менее.

В геоморфологическом отношении эта зона представляет четвертичную аллювиально-пролювиальную наклонную равнину и плато. Почвы горно-лесные коричневые типичные и карбонатные. Почвообразующие породы – элювий известняков и других карбонатных пород.

Начиная с высоты над ур. м. 800-900 м на бурых горно-лесных почвах лесообразующей породой становится бук восточный. На высоте 900-950 м, экспозиции склонов северных румбов заняты чистыми букняками. Далее бук занимает все экспозиции скло-

нов. Зона распространения этих лесов - средние структурно-эрозионные горы. Климат умеренно-теплый с почти равномерным распределением осадков. Сумма среднегодовых количеств осадков 400-600 мм (за тёплое полугодие 200 - 300 мм). Средняя температура наиболее холодного месяца от -3 до +18°, постоянно влажно, температура наиболее тёплого месяца выше +22°. По увлажнению эта зона отнесена к недостаточно влажному типу, где увлажнение за год 70-100 %, за лето более 50%. Почвообразующие породы - элювий глинистых карбонатных сланцев.

При полноте 0,8-0,9 высокопродуктивные буковые древостои имеют среднюю высоту 28-30 м, средний диаметр - 36-40 см, запас древесины на гектар 350-400 м³. На этой высоте южные склоны заняты дубовыми насаждениями. Бук в них участвует в качестве примеси. С увеличением высоты над уровнем моря бук доминирует на всех экспозициях склонов. Здесь преобладают букняки ясенниковые, мертвопокровные, с папоротниковым покровом и с покровом из ежевики.

В сухих условиях местопроизрастаний распространены буковый лес с овсяницей-покровом. На полянах и прогалинах буковых лесов развиты заросли папоротника, бузины травянистой, ежевики, борцевики и др.

На высоте 1500-1700 м распространены низко продуктивные субальпийские варианты типов буковых и грабовых лесов, дубняки из дуба восточного, кленарники из клёна Траутветтера, березники из берёзы Литвинова, бородавчатой и Радде, ильмовники из ильма (вязь) эллиптического. По мере поднятия к верхней опушке лесов обогащается кустарниковая и высокая травянистая растительность. Из кустарников встречаются: рябина кавказская, шиповники острозубый и Буассье, волчегодник скученный, крушина ольховидная, пираканта красная, жостеры (крушина) прижатый и мелкоплодный, смородина, ежевика Буша. По берегам ручьёв в верхней полосе встречаются ива козья (кавказская), а в альпийских лугах - ива древовидная.

В верхней границе распространения лесов березовое криволесье часто занимает самые неблагоприятные условия местопроизрастания склонов северных румбов. На высоте 1500-1700 м часто вне гослесфонда встречаются древесно-кустарниковые, островки или группы, остатки прошлых лесов, состоящие из низкорослых берез Литвинова и Радде, липы кавказской, дуба восточного, ильма, изы козьеи, рябины, смородины и др. Кроме вышеуказанных пород в составе высокогорных лесов здесь участвуют осина, клён Траутветтера, барбарис, шиповник, жимолость, граб, свидина и др. На больших высотах у верхней границы леса на склонах встречаются заросли можжевельников продолговатого и казацкого.

Чистые березняки с хорошо развитым травянистым покровом на мелкоземистой горно-луговой почве нами исследованы в окрестности с. Сусай Кубинского района в урочище Гызылгая на высоте 1650-1700 м над уровнем моря. Склон северо-восточной экспозиции крутизной 15-35°. Этот березняк из берез Литвинова и Радде расположен на верхней границе леса. В примеси березового насаждения входят рябина и черная смородина. Высота деревьев 10-14 м, диаметр 36-60 см, полнота 0,4-0,6, запас древесины 70-80 м³/га. Выше этого березняка распространены куртины и единичные экземпляры мок-невельника.

В северо-восточной части большого Кавказа общая площадь Гослесфонда составляет 100,2 тыс.га, лесная площадь 92,5 тыс.га, не лесная - 7,7 тыс.га, покрытая лесом 90,6 тыс. га, не покрытая лесом площадь 1,9 тыс.га. Насаждения с преобладанием дуба занимают 43,2 % лесопокрытой площади, насаждения бука 40 %, граба - 12,8%. Таким образом, 96 % падает на долю этих трёх пород. Гослесфонд горной части региона (без низинных лесов) составляет 84,8 тыс. га, в том числе лесная - 77,5 тыс. га, нелесная - 7,3

тыс.га, покрытая лесом площадь - 76,0 тыс.га, не покрытая - 1,5 тыс. га. В горных лесах доля бука выше (47,8 %), дуба - 38,3 %, граба - II, 7 %, вместе -97,8 %.

В Кубинском лесхозе в урочище Гыжы на высоте 930 м над уровнем моря на склоне северо-северо-западного экспозиции крутизной 5-15° в 2022 г. был посажен орех грецкий с дубом каштанолистным. Первичное размещение деревьев было 1,5х1,5 м. Смещение производилось чередованием этих пород в рядах. Каждые 34 таких ряда чередовались чистыми рядами. С самого начала надо оговориться, что примененные тип смешения и схема размещения деревьев – грубейшая ошибка, т.к. орех грецкий и дуб никогда не были спутниками один для другого, да ещё при таком густом размещении. Несмотря на загущенность деревьев, отрицательного взаимовлияния пород не наблюдалось. Отпад был также в одинаковом количестве деревьев обеих пород. В 37 лет, хотя и орех взял верх над дубом и последний сильно притупил рост, всё же наблюдалось конкурентное взаимовлияние и большого числа отпад. В течение 11 лет изменение в росте было небольшое и соотношение отпада изменилось в пользу ореха. Уместно отметить, что в то время на этом участке у чистых культур дуба каштанолистного (первичное размещение 1,5х2 м) средняя высота достигла 23 м, диаметр 22 см, запас стволовой древесины 300 м³/га.

В урочище Тапамарч Кубинского лесхоза на высоте 1000 м н. ур. м. на площади 3 га имеются культуры ореха грецкого посадки. Рельеф сильно расчлененный. Участок лесокультур представляет верхнюю пригребневую и гребневую части холмистого отрога. Окружающий леса грабово-буковый II и III бонитетов. Почва светло-бурая, суглинистая, маломощная. Первичное размещение деревьев 1,5х*2х.

На этом участке урочища Тапамарч среди культур ореха грецкого имеется 7 экз. 2-3 ствольных каштана съедобного. Высота их достигла 10-17 м, при диаметре стволов деревьев 24-34 см. Диаметр проекции крон 6-10 м. Каштан здесь по всем показателям лучше растёт, чем орех.

Необходимо отметить, что выделенный лесоустройством ассортимент пород для создания лесных культур не совсем удачен. Из этого списка необходимо исключить клён полевой и ясень зелёный, т.к. на территории лесхоза в естественном виде прекрасно растут другие виды клёна и ясень обыкновенный. К чему бессмысленные экзоты, когда имеются местные породы. в обязательном порядке нужно включить в список ассортименты пород: орех грецкий и каштан съедобный как древесные породы, имеющие хозяйственное значение. При этом необходимо учесть, что фех грецкий и каштан съедобный в северо-восточной части Большого Кавказа эффективны до высоты 1000 м над уровнем моря.

Опыт северных регионов союза показывает, что в равнинных лесах сплошнолесосечные рубки главного пользования способствуют увеличению численности многих видов охотничьей фауны, которые находят в молодняках хорошие зимние пастбища.

По данным Силинса (1974) в Латвийской ССР биомасса копытных составляет 3600 кг на тыс. гектар лесных земель, а ежегодно используется 500 кг. Такие высокие показатели вторичной продукции леса во многих случаях достигаются в ущерб лесного хозяйства. Однако, учитывая важность выполнения продовольственной программы и развития рекреации и любительской охоты лесное хозяйство должно идти на не который компромисс.

Не только в лесах северо-восточной части Большого Кавказа, но и по всей республике, вопрос лесной полезной фауны до сих пор остаётся без всякого внимания. Но лесное хозяйство должно заниматься этим вопросом. У нас имеются большие возможности увеличения чисел диких кабанов, туров, козорогов и др. Охрана и рациональное ис-

пользование полезной фауны даёт большой экономический эффект.

После интенсивных рубок ухода в большинстве случаев наблюдается повышение прироста по диаметру и высоте. Однако, при слишком интенсивном изреживании древостоя это повышение (иногда древостой болезненно реагирует на это) не компенсирует прироста древесины вырубленной части древостоя. В результате чего древостои лишаются потенциальной продуктивности, т.е. полностью не используются потенциальные возможности условий мест произрастаний.

На динамику текущего прироста по запасу древесины влияет биоэкологические особенности пород, условия местопроизрастания, наследственные особенности, происхождение, возраст, состав пород в насаждении, ярусность, полнота древостоя, характер распределения деревьев по ступеням толщины, соотношение деревьев по классам роста, бонитет, санитарное состояние, климатические факторы, антропогенное воздействие и др [3, 4]. Прирост древесины тесно связан с радиационным балансом, суммой активных температур и увлажнением почвы.

Оптимизацию структур древостоев можно ещё назвать созданием хозяйственно-целесообразных насаждений. В лесах, выполняющих главным образом защитные функции, создание эталонных образцов древостоев должно быть подчинено принципам наилучшей водоохранно-защитных свойств леса. Все остальные полезности леса в этом случае имеют второстепенное значение. В защитных лесах в качестве эталонов должны быть выделены насаждения в высокой полноте и хорошим санитарным состоянием. Состав насаждений должен наилучшим образом соответствовать условиям местопроизрастания.

Многочисленные исследования показывают, что чем выше полнота и ярусность леса, тем лучше проявляются защитные функции. С увеличением полноты увеличивается запас древесины на 1,0 га и следовательно прирост по запасу. Поэтому при определении эталонов одним из важных параметров считается наличный прирост стволовой древесины на 1,0 га. Чтобы научно обосновать параметры эталонных лесов следует выявить типы условий местопроизрастаний с учётом биоэкологических особенностей лесобразующих пород. Для того, чтобы определить потенциальную продуктивность условий мест произрастаний необходимо в первую очередь использовать данные по распределению насаждений по классам бонитета. Большой практический интерес представляет также определение возможной площади высокопродуктивных насаждений по районам, опираясь на данные почвенно-климатических условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. География Азербайджанской Республики «Физическая география». – Баку: «Европа», 2015. – 529 с.
2. Мамедов Г.Ш. Леса Азербайджана / Г.Ш. Мамедов, М.Ю. Халилов. – Баку: Наука, 2002. – 578 с.
3. Огуреева Г.Н. Экологические функции современного растительного покрова Станового нагорья / Г.Н. Огуреева, М.В. Бочарников // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. – 2020. – Т. 65, вып. 2. – С. 377-394.
4. Семенюк О.В. Характеристика растительного покрова как важнейшая составляющая комплексных почвенно-экологических исследований исторических парков / О.В. Семенюк, М.А. Ваганова // Бюл. Моск. О-ва Испытателей природы. отд. Биол. – 2016. – Т. 121, вып.4. – С. 32-42.
5. Халилов Ш.Б. Экогеографические проблемы Азербайджана / Ш.Б. Халилов. – Баку, 2006. – 285 с.

DAPHNE SOPHIA KALEN. МЕСТА НАХОЖДЕНИЯ И СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ

А.В. Гусев, Е.И. Гусева
avgusev610@mail.ru

Государственный природный заповедник «Белогорье», п.г.т. Борисовка, Россия

Волчник (волчегодник) Софии (*Daphne sophia* Kalen.) реликтовое растение, эндемик верховьев бассейна Северского Донца. Встречается в Харьковской (Украина) и Белгородской областях, на территории Донецкой Народной Республики (Россия) [3]. Занесён в Европейский Красный список [6], Красный список Международного союза охраны природы (МСОП) [7], Красные книги Российской Федерации [5] и Белгородской области [4] с категорией 1 – «вид, находящийся под угрозой исчезновения».

Впервые был собран В.М. Черняевым 7 июня 1821 г. на правом берегу р. Козинка (правый приток р. Оскол) у слободы Петровское (ныне с. Борки Валуйского района Белгородской области) и по его сборам приведён немецким ботаником Францем фон Паула Шранком в научной литературе под названием волчегодник маслинолистный (*D. oleoides* L.) [2].

И.О. Калениченко [5] описал вид как *D. sophia* Kalenicz. по своим сборам у с. Бекарюковка Корочанского уезда Курской губернии, с. Соломино вблизи Белгорода и по р. Козинка Волчанского уезда Харьковской губернии [2].

Сведения о распространении *D. sophia* приводили В.Н. Сукачёв, И.М. Паллон, В.Н. Талиев, А.В. Думанский, А.В. Кожевников, С.С. Смолко, Б.О. Барановский, А.Ф. Колчанов, Ю.А. Доронин, А.В. Бережной, Ф.Н. Мильков, Т.В. Бережная и др. [2].

По данным Т.В. Бережной и А.В. Бережного [2] на юге Среднерусской возвышенности было известно 24 местонахождения. Из них на территории Харьковской области – 6, Белгородской области – 18 мест. В Харьковской области волчегодник сохранился в четырёх местонахождениях [1, 2]. На территории Белгородской области исчез (или возможно исчез) в восьми пунктах.

При работе с гербарием МГУ (MW) нами в 2019 г. были выявлены 3 местонахождения, ранее не указываемые в научной литературе и известные только по гербарным сборам. Одно по Северскому Донцу, в Донецкой народной республике в окрестностях г. Святогорск и два по Осколу, в Белгородской области в окрестностях х. Жилин, Новоскольского района и д. Макеевки Валуйского района [3].

Местонахождение в окрестностях г. Святогорска требует подтверждения. Существование двух ценопопуляций в окрестностях х. Жилин и д. Макеевки было подтверждено нами в 2022, 2023 гг. [3].

Кроме этого в 2016, 2022 гг. на территории Белгородской области в бассейне р. Оскол нами открыты три новых ценопопуляции: в окрестностях с. Конопляновка Валуйского района; сёл Новоивановка и Коровино Волоконовского района [3]. Пользуясь указаниями Елены Петровны Юнаковской (жительницы с. Валуйчик) была найдена ценопопуляция в окрестностях бывшего населённого пункта Ланино Красногвардейского района [3].

Современный ареал *D. sophia* на юге Среднерусской возвышенности ограничен бассейном Северского Донца и его притоков. Выделяется 3 района бассейнового сосредоточения: Северско-Донецкий, Оскольский, Айдарский [3].

На данный момент известно 31 местонахождение волчегодника Софии. Из них:

сохранившихся 14 местонахождений, требующих подтверждения 7 местонахождений, исчезнувших 10 местонахождений [3].

I. Северско-Донецкий (Северский Донец и его притоки: Нежеголь, Короча, Волчья) – 13 мест произрастания.

Белгородская область

1. **с. Пушкарное.** г. Белгород. Требуется подтверждения.
2. **с. Соломино.** Белгородский район. Требуется подтверждения.
3. **с. Топлинка.** Популяция не сохранилась.
4. **с. Дмитриевка.** Популяция не сохранилась.
5. **с. Ржевка.** Популяция сохранилась.
6. **с. Логовое.** Популяция не сохранилась.
7. **с. Маломихайловка** (с. Бекарюковка). Шебекинский район. Популяция не сохранилась.

Харьковская область

8. **с. Второе Октябрьское** (с. Жовтневое 2-е). Волчанский район. Требуется подтверждения.
9. **с. Малая Волчья** (с. М. Вовча). Волчанский район. Требуется подтверждения.
10. **с. Ефремовка.** Волчанский район. Популяция не сохранилась.
11. **21 квартал Чайковского лесничества** (Между с. Зыбино и с. Ефремовка). Волчанский район. Требуется подтверждения.
12. **20 квартал Чайковского лесничества.** (с. Зыбино. Славгородский овраг). Волчанский район. Популяция не сохранилась.

Донецкая Народная Республика

13. **г. Святогорск.** (Успенская Святогорская лавра. Горы Артёма). Требуется подтверждения.

II. Оскольский (р. Оскол и её притоки: Валуй, Палатовка, Козинка, Верхняя Двуречная) – 16 мест произрастания.

Белгородская область

14. **п.г.т. Чернянка.** Чернянский район. Популяция не сохранилась.
15. **с. Песчанка.** (участок «Стенки-Изгорья» заповедника «Белогорье»). Новооскольский район. Популяция сохранилась.
16. **х. Жилин.** Новооскольский район. Популяция сохранилась.
17. **с. Новоивановка.** Волоконовский район. Популяция сохранилась.
18. **с. Коровино.** Волоконовский район. Популяция сохранилась.
19. **с. Конопляновка.** Валуйский район. Популяция сохранилась.
20. **с. Косарёвка.** Валуйский район. Популяция сохранилась.
21. **с. Поминово.** (Урочище Городище). Валуйский район. Популяция не сохранилась.
22. **с. Яблоново.** (Урочище Лисья гора). Валуйский район. Популяция сохранилась.
23. **с. Старая Симоновка.** (Урочище Меловище). Валуйский район. Популяция сохранилась.
24. **с. Борки.** Валуйский район. Популяция сохранилась.
25. **65 квартал Валуйского лесничества.** (Макеевка, Старокожево (Макеева), пос. Макеева). Валуйский район. Популяция сохранилась.
26. **с. Касёновка.** (Урочище Жиров лог). Валуйский район. Популяция сохранилась.

27. с. Самарино. Красногвардейский район. Популяция не сохранилась.
28. д. Ланино. (с. Валуйчик). Красногвардейский район. Популяция сохранилась.
Харьковская область
29. с. Колодезное. Двуречанский район. Требуется подтверждения.

III. Айдарский (р. Айдар) – 2 места произрастания.

Белгородская область

30. п.г.т. Ровеньки. (Овраг Ровеньки, Овраг Ровеньский). Ровеньский район. Популяция сохранилась.
31. п.г.т. Ровеньки. («Меловые стенки», Лысая Гора). Ровеньский район. Популяция не сохранилась.

Наибольшее число популяций отмечено на территории Белгородской области – 24 местонахождения. Сохранилось 14, требует подтверждения 2, исчезло 8. Общая численность в Белгородской области более 4500 экз. Наиболее крупные сохранившиеся популяции встречаются в бассейнах рек: Короча (окр. с. Ржевка 500 экз.), Оскол (окр. с. Новоивановка 1630 экз., хут. Жилин 1151 экз., с. Песчанка 300 экз.), Валуй (окр. с. Каёновка 650 экз., с. Борки 1000 экз.) [3].

Лимитирующими факторами являются малочисленность и изоляция популяций, Редкое плодоношение и нерегулярное семенное размножение. Изменение местообитаний вида вследствие зарастания широколиственными породами, гибель в условиях сильного затенения. Пожары, эрозия склонов, устройство карьеров по добыче мела, лесопосадки на склонах, сбор растений в лекарственных целях, выкапывание для частных коллекций.

Генофонд вида сохраняется в заповеднике Галичья гора (Липецкая область), в ботанических садах Твери, Москвы, Воронежа, в частных коллекциях [3].

Охрана *D. sophia* носит декларативный, формальный характер. В противоположность утверждениям, о складывающихся благоприятных условиях для произрастания вида, в некоторых местонахождениях [2] в настоящее время наблюдается ухудшение состояния ценопопуляций [3].

Необходима реализация практических действий по сохранению реликтового кустарника. Единственное место произрастания, где проводятся научно обоснованные практические работы по сохранению (осветление полога дубравы; ограждение местонахождений с целью предотвращения негативного воздействия животных; привлечение насекомых – потенциальных опылителей) это участок «Стенки-Изгорья» заповедника «Белогорье».

ЛИТЕРАТУРА

1. Баник М.В., Треветинова В.В., Волкова Р.Е. и др. Новые местонахождения *Daphne Sophia* Kalen. (Thymeleaceae) в Украине // Укр. бот. журн. – 2007. – Т. 64, № 4. – С. 565-569.
2. Бережная Т.В., Бережной А.В. Волчегодник Софии и его география на юге Среднерусской возвышенности // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2017. – № 2 (21). – С. 22-32.
3. Гусев А.В., Гусева Е.И. Места нахождения ценопопуляций *Daphne sophia* Kalen. на юге Среднерусской возвышенности // Вопросы степеведения. – 2024. – № 2. – С. 34-50. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-2-34-50.
4. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, лишай-

ники, грибы и животные. – 2-е официальное издание / общ. науч. ред. Ю.А. Присный. – Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2019. – 668 с.

5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России) от 23.05.2023 №320 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации».

6. Bilz M., Kell S.P., Maxted N., Lansdown R.V. 2011. European Red List of Vascular Plants. – Luxembourg: Publications Office of the European Union. – 130 p. DOI: 10.2779/8515

7. Melnyk V. 2011. *Daphne sophia* (errata version published in 2018). The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T184432A128631766. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2011-1.RLTS.T184432A8275763.en (accessed on 06 March 2024).

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСОВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Т.А. Емельянова, Е.Э. Желонкина, А.О. Хуторова
Hutorova_alla@mail.ru

Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия

Леса в России играют огромную роль в экологическом значении, а также являются одним из важнейших видов природных ресурсов. Выполняя глобальную функцию «легких» планеты, они также используются во всех отраслях человеческого производства и материального благополучия людей

В связи с эволюционными климатическими изменениями и антропогенной нагрузкой на лесные экосистемы площадь лесных земель сокращается, это вызывает обеспокоенность всего мирового научного сообщества и призывает к необходимости более серьезных исследований и тщательному проведению мониторинга лесных земель, для выявления изменений процессов в лесных фитоценозах и принятия решений в сохранении и устойчивости видов флоры и фауны [6].

Молодые лесообразующие породы, возникающие на вырубках, гарях отличаются от основного породообразующего леса, на таких участках, меняется гранулометрический состав почвы, нарушены биогеоценозы в зависимости от естественного природного действия или от воздействия человеческого фактора, В связи с этим, проблемы восстановления лесов относятся не только к производствам хозяйствования человека, но и планетарному по своему масштабу экологической.

Г.Ф. Морозов выделял четыре основных фактора лесообразующих экосистем – лесорастительную, биологическую, генезис и биосоциальную.

При всех факторах учитывается воздействие человеческой деятельности, которое меняет их экологические системы и лесообразующие функции [1].

Значительное влияние на процессы лесовосстановления оказывают природные и антропогенного воздействия пожары, которые полностью уничтожают травяно-кустарничковый ярус и моховой покров. При этом происходит процесс природной мелиорации, стимулирующий естественное возобновление лесной экосистемы при этом, не отменяя и многих отрицательных факторов влияющих на биогеоценотические порядки [5].

Лесорастительные условия изучаемого района таежной зоны отличаются суровым климатом (рис. 1, диаграмма).

Среднегодовая температура воздуха колеблется около $-3,3^{\circ}\text{C}$. Средние минимальные температуры воздуха опускаются до -47°C , абсолютные минимумы до -56°C .

Средние максимальные температуры воздуха лежат в пределах $+26,7^{\circ}\text{C}$, абсолютные максимумы доходят до $+32^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность периода отрицательных средне – месячных температур равен семи месяцам. Среднегодовая температура отрицательная, что обуславливает суровость климатических условий в данном районе.

Вегетационный период (с температурой $+5^{\circ}\text{C}$ и выше), начинается во второй половине июня и заканчивается в последней декаде сентября, общая продолжительность колеблется в пределах 100-110 дней. Сумма наиболее эффективных для вегетации температур составляет $1100-1200^{\circ}$, а продолжительность такого периода колеблется в пределах 80-85 дней. Наступление плюсовой температуры наблюдается между второй половиной апреля и первой половиной мая, с отдельными поздними заморозками до последней декады июня.

Ранние заморозки летом иногда наблюдаются в начале августа (заморозки возможны во все летние месяцы).

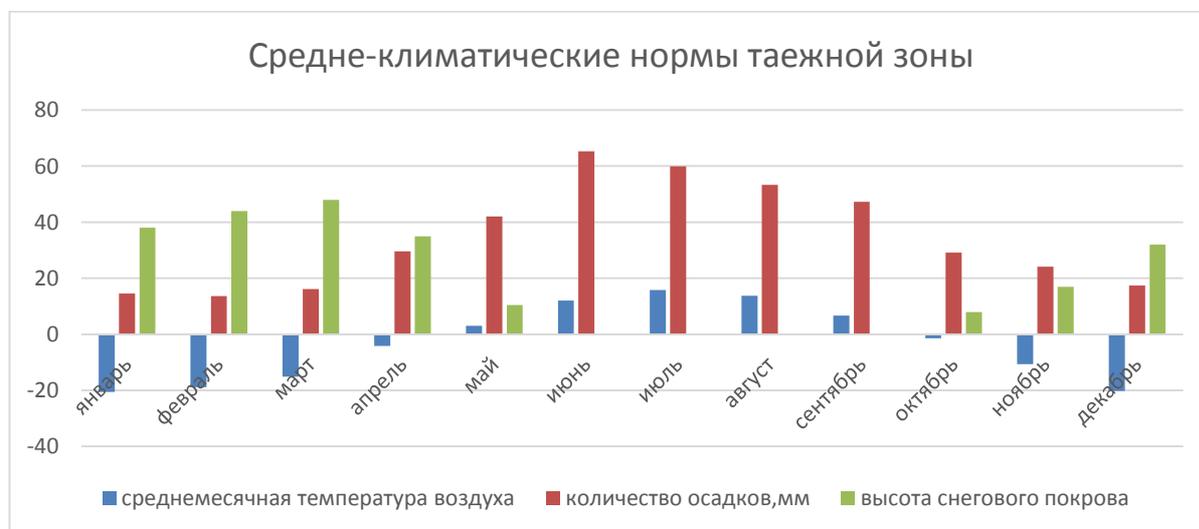


Рис. 1. Средне-климатические нормы таежной зоны

Поэтому рост древесных и кустарниковых пород медленный, производительность древостоев низкая. Из-за наличия мерзлых горизонтов и низкой температуры почв основная масса корней древесных растений располагается обычно в самом верхнем горизонте, на глубине 10-15 см.

Основными лимитирующими факторами среды, влияющими на рост, производительность, характер распространения растительности являются низкий температурный режим и избыток увлажнения. Степень их воздействия варьирует в зависимости от элементов рельефа, физических свойств почв.

Для спелых и перестойных древостоев характерна слабая сомкнутость полога. В напочвенном живом покрове на более возвышенных и дренированных местоположениях обильны лишайники, почти сплошной ковёр из зелёных мхов характерен для склонов и выровненных элементов рельефа и сфагновый покров в чуть заметных понижениях или слабо дренированных плоских участках. Обильны северные кустарнички, произрастаю-

щие на минеральных субстратах, а в подлеске часто встречается карликовая берёзка (*Betula nana*) и характерный представитель северной тайги – ольха кустарниковая (*Alnus fruticosa*).

Для свежих, периодически суховатых лесорастительных условий характерны сосняки с кустарничково-лишайниковым напочвенным покровом. Кустарничковый ярус представлен в основном брусникой, голубикой, водяникой, реже встречается багульник. Среди лишайников преобладают кустистые и игольчатые формы кладоний. В небольшом количестве встречаются мхи.

В подлеске встречаются ива, шиповник, рябина, таволга, берёза круглолистная, берёза приземистая, ольха кустарниковая, черёмуха, смородина, жимолость, малина, калина, бузина [4].

Объектом исследований являлись временные пробные площади, заложенные на пройденных огнём площадях, с различными условиям обсеменения более 5 лет.

Для анализа естественного возобновления применялась методика А.В. Побединского (1966) [2]. В результате исследований было выявлено, что на возобновление большое влияние оказывает не только тип леса, но и характер пройденной огнём площади [3].

Было определено направление лесовосстановительных смен пород в зависимости от условий обсеменения:

1. горельник – лесовозобновление без смены пород;
2. гарь в зоне обсеменения от периферийных источников обсеменения
3. светлохвойных – лесовосстановление с небольшим преимуществом лиственных пород;
4. гарь без обсеменителей светлохвойных – смена светлохвойных видов лиственными.
5. светлохвойных – лесовосстановление с небольшим преимуществом лиственных пород;
6. гарь без обсеменителей светлохвойных – смена светлохвойных видов лиственными.

Процесс возобновления зависит от многих факторов: рельефа, определяющего почвенно-гидрологические условия; почв; состояния напочвенного покрова; микроклиматических условий; пожаров и т.д.

А в северо-таёжных лесах к ним добавляется ещё один фактор-низкий температурный режим почв. В зависимости от сочетания этих факторов процесс естественного возобновления в разных типах леса проходит неодинаково. В большинстве случаев он успешно проходит на гарях и свежих, периодически суховатых типах лесорастительных условий (возобновление представлено исключительно сосной, реже встречается подрост берёзы, кедра и др. пород). Во влажных, периодически свежих лесорастительных условиях отмечено хорошее лесовозобновление в сосняке багульниково-голубично-брусничном. Во всех других типах леса данной группы типов лесорастительных условий лесовосстановительный процесс проходит удовлетворительно или слабо часто со сменой сосновых насаждений на производные березняки. Сосняки избыточно влажных периодических условий характеризуются хотя и большим количеством подроста (15-20 тыс. шт./га), но появление его очень растянуто во времени и растёт он очень медленно. Влияние пожаров на ход естественного возобновления различно. В первой группе типов лесорастительных условий пожары при наличии источников обсеменения на гарях не препятствуют появлению возобновления, скорее даже наоборот содействуют ему. В тоже время часто при повторении пожаров гибнет имеющийся подрост.

В зелёномошниковой группе пожары играют большей частью отрицательную роль, т.к. моховой покров прогорает обычно слабо и только сверху, в результате чего создаётся сухой войлочный слой, надолго препятствующий появлению возобновления. На гарях разных лет в сосняке багульниково – брусничном, сосняке пойменном, сосняке багульниковом в общей сложности насчитывается большое количество возобновление от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч штук на 1 га, однако, эта часть самосева для подроста сосны в общем количестве возобновления, особенно при отсутствии обсеменителей – незначительна – 1 – 2 тыс. шт. на 1 га, в основном преобладает семенная берёза, кедр, в меньшей степени ель.

Трудность появления самосева сосны в этих типах леса объясняется, как правило, тем, что на гарях ввиду слабого прогорания покрова мхов образуется рыхлый грубогумусный, сухой слой, препятствующий прорастанию семян сосны. Вторая причина кроется в отсутствии достаточного количества жизнедеятельных деревьев, способных выполнять роль обсеменителей.

Возобновление древостоев по типам леса (табл. 1).

Таблица 1

Возобновление древостоев по типам леса

Тип леса	Возобновившаяся порода (площадь, га)				Итого
	сосна	Ель	Кедр	Берёза	
БРБГМ		28	6		34
БР	157		99	76	332
БГБР	155			34	189
ЗММТ				83	83
ОССФ	11				11
ЗМЯГ	38			199	237
Итого	361	28	105	392	886

По лесоэкономическим условиям в северо-таёжных лесах лучше ориентироваться на естественное возобновление, большие площади, перемежающиеся с большим количеством болот. труднодоступные для «ручного» лесовозобновления. Такие площади можно рассматривать как резерват для будущих поколений.

Создание лесных культур возможно лишь на гарях, лишенных обсеменителей при отсутствии мохового покрова или сильном его прогорании, в первые годы после пожара.

Роль лесных пожаров в динамике лесного фонда и лесовосстановлении неоднозначно, практически не изучена. Необходимо проводить не только мониторинг, но и наземные экспедиции на местности, со специалистами и учеными в этой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов Г.Ф. Учение о лесе под ред. В.В. Матренинского. – М.; Ленинград: Гос. изд-во, 1930. – 440 с.
2. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов / А.В. Побединский – М.: Наука, 1966. – 60 с.
3. Смолоногов Е.П. Лесообразовательный процесс и его особенности // Экология. – 1994. – № 1. – С. 3-9.
4. Желонкина Е.Э., Емельянова Т.А., Фомина А.В., Новиков А.В. Лесотипологическое исследование – основа объективной оценки экологической устойчивости лесных экосистем севера // International Agricultural Journal. – 2023. – Т. 66. № 2.
5. Желонкина Е.Э. Аспекты научно обоснованного лесопользования в Ханты-

Мансийском Автономном округе(на примере памятника природы» Шапшмские кедровники») // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2006. – № 10 (22). – С. 80-85.

6. Лукьянова Т.С., Васин Д.В., Хуторова А.О., Крючков С.А. Современное формирование ландшафтов особо охраняемой природной территории «Сосновые боры на песчаных дюнах» // Проблемы региональной экологии. – 2021. – № 1. – С. 47-49.

ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕСАДКЕ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Т.В. Желибо, Н.В. Помазкова
zhelibo@mail.ru

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия

Сохранение биологического разнообразия является одной из важнейших задач современного общества. Редкие и исчезающие виды растений особенно уязвимы к антропогенному воздействию, поэтому их защита требует комплексного подхода, включающего не только запреты на их уничтожение, но и активные меры по их восстановлению.

Одним из таких мероприятий является пересадка редких видов растений с участков, где им угрожает уничтожение, в более безопасные и благоприятные места обитания. Однако проведение таких работ сопряжено с рядом правовых и технических сложностей, которые необходимо учитывать.

Целью данной статьи является анализ законодательной базы, регулирующей проведение компенсационных мероприятий по пересадке редких видов растений в Российской Федерации.

В работе были использованы методы анализа нормативно-правовых актов, а также обобщения данных научной литературы и практики.

В Российской Федерации существует ряд нормативно-правовых актов, регулирующих вопросы охраны редких и исчезающих видов растений, в том числе их пересадку. К ним относятся: Федеральный закон "О растительном мире" [1], Федеральный закон «Об охране окружающей среды» [2], Красная книга Российской Федерации [4], Красные книги субъектов РФ, например Забайкальского края [3], Приказ Министерства природных ресурсов РФ «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования предоставления государственной услуги по выдаче разрешений на добывание объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации» [5].

В соответствии с этими документами, пересадка редких видов растений может осуществляться только при наличии разрешения уполномоченного органа государственной власти. Разрешение выдается на основании проекта компенсационных мероприятий, который должен быть разработан специалистами в области ботаники и фитоценологии.

Проект компенсационных мероприятий должен содержать: информацию о редких видах растений, подлежащих пересадке; описание места, где планируется их пересадка; мероприятия по подготовке места к пересадке; способы пересадки растений; мероприятия по уходу за пересаженными растениями; план мониторинга приживаемости растений

Законодательная база, регулирующая проведение компенсационных мероприятий

по пересадке редких видов растений в Российской Федерации, является достаточно развитой. Однако на практике часто возникают проблемы с ее реализацией. К числу основных проблем относятся: недостаточное финансирование; отсутствие квалифицированных кадров; несовершенство методик пересадки; низкая приживаемость пересаженных растений; недостаточность информации о проведенных ранее работах.

Для решения этих проблем необходимо увеличить финансирование работ по охране редких видов растений; подготовить квалифицированные кадры; разработать новые, более эффективные методики пересадки, с учетом специфики региона; провести исследования по факторам, влияющим на приживаемость пересаженных растений.

Пересадка редких видов растений является важным инструментом сохранения биологического разнообразия. Однако для того, чтобы эта мера была эффективной, необходимо совершенствовать законодательную базу, а также решать проблемы, связанные с ее реализацией.

Работа выполнена по государственному заданию Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН № 21032200126-6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 10 июля 1995 г. № 72-ФЗ "О растительном мире" // «СЗ РФ». — 1995.
2. Федеральный закон от 10 января 2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» // СЗ РФ. – 2002.
3. Постановление Правительства Забайкальского края «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Забайкальского края» (с изменениями на 28 августа 2018 года).
4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от занесенных в Красную книгу Российской Федерации" (Зарегистрирован 21.07.2023 № 74362).
5. Приказ Министерства природных ресурсов РФ «Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования предоставления государственной услуги по выдаче разрешений на добычу объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации» (Зарегистрирован 18.06. 2013 № 60).

СОВРЕМЕННОЕ (2024 ГОД) СОСТОЯНИЕ КОЛОНИИ СТЕПНОГО СУРКА В ЗАКАЗНИКЕ КАМЕННАЯ СТЕПЬ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

И.В. Жигарев
iv_ji99@mail.ru

Московский государственный университет, г. Москва, Россия

Введение. Летом 2024 года проводились полевые исследования в заказнике «Каменная степь». Время работ – с 11 по 16 июня. Цель данного полевого исследования – оценка современного состояния и тенденций развития колонии сурков в Каменной степи

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести полевые наблюдения за сурками (*Marmota bobac*) в Каменной степи
2. Оценить текущее состояние колонии сурков в Каменной степи, собрать литературные источники о рассматриваемом поселении в прошлом, выделить из них данные и проанализировать их.

Методы и материалы. Я оценивал численность, поведение и возрастной состав сурков (взрослые и сеголетки) на одном участке площадью около 8 га путем визуальных наблюдений с биноклем в течении 2-3 дней. Наблюдения проводились в утренние часы (с 9 до 12 часов) и вечером (с 14-15 до 18 часов) с нескольких точек. Также отмечались координаты (градусы, далее десятичные цифры) нор и скоплений нор на обоих участках.

Описание районов исследования. Каменная степь – это природный заказник федерального подчинения. Она расположена в Воронежской области, в ее восточной части (Таловский район), на водоразделе Битюга и Хопра. Площадь – 12 895 га. В этом ООПТ охраняются специфические культурные лесостепные ландшафты (в частности, ненарушенная степь, старовозрастные лесополосы, водохранилища, поля, косимые и зарастающие залежи), проводятся агрикультурные исследования и разрабатываются приемы и системы научно обоснованного сельского хозяйства [3].

Каменная степь расположена у южной границы лесостепи. Рельеф местности полого-холмистый слабоволнистый. Абсолютные высоты составляют 117-204 м над уровнем моря [3].

Река Чигла ограничивает Каменную степь на западе, балка Таловая – на востоке. Между ними находится выпуклая в центре равнина, рассеченная мелкими балками. В балках построено значительное количество (до 100) водохранилищ и мелких прудов [3].

Климат умеренный, континентальный. Его характерные особенности – теплое лето, относительно теплая и малоснежная зима, резкие межгодовые колебания уровня осадков. Температура июля – 20,5 С, января – -9,6 С. Среднегодовая сумма осадков – около 500 мм после создания культурного ландшафта в XX веке и не более 400 мм – ранее, в разные годы нередко величины от 300 до 600 мм. Большая часть их выпадает летом и осенью. Снежный покров отличается малой мощностью. Сумма активных температур обычно несколько превышает 2500° С [3].

В почвенном покрове преобладают черноземы – обыкновенные и типичные, средней мощности, тяжелосуглинистые, среднегумусные. У водоемов встречаются огленные пойменные и болотные почвы. Засоление в почвах в настоящее время практически не выражено [3].

Растительность практически полностью преобразована. В растительном покрове преобладают поля (пшеница, рожь, просо, ячмень, горох, подсолнечник) и лесополосы, сочетающиеся с залежами и лесами у водоемов. Ранее доминировали степные сообщества – ковыльные (*Stipa lessingiana*, *S. capillata*) и типчаковые (*Festuca ovina*), также тонконоговые (*Koeleria cristata*). В этих сообществах, а также на сохранившихся участках степи были достаточно обильны такие растения, как степной миндаль (*Amygdalum nana*), степная вишня (*Cerasus fruticosa*), карагана, раkitник, терн (*Prunus spinosa*) – степные кустарники, мяtлик узколистный (*Poa pratensis*), (Зборищук, Турусов, 2019). На пастбищах под влиянием выпаса в травостое возрастает роль устойчивых злаков – костра и типчака. На сенокосах доминируют костреc береговой (*Bromopsis riparia*), мяtлик луговой, василек (*Centaurea scabiosa*), белая таволга (*Filipendula hexapetala*) [3].

Лесная растительность представлена околородными (водозащитными) лесами и лесополосами. Система лесополос создана в основном в первой половине XX века. Всего в Каменной степи есть около 250 лесополос площадью около 500 га. Полосы разделяются по назначению: полезащитные (большинство), водоохранные, прибалочные, садовые. Самым старым лесополосам более 100 лет. В древостое обычно доминируют дуб черешчатый, липа мелколистная, ясень (*Fraxinus excelsior*), береза (*Betula pendula*), вяз (*Ulmus sp.*). Во втором ярусе древостоя преобладают боярышник, клен ясенелистный, клен татарский, груша (*Pyrus sp.*) [3].

Результаты.

История сурков в Каменной степи

Степные сурки обитали на водоразделе Хопра и Битюга еще, вероятно, в плей-

стоцене. В XVIII веке данный вид здесь был очень обилен. В XIX веке в европейской части ареала данного вида произошло резкое сокращение численности, обусловленное распашкой целинных степей и перепромыслом. К началу XX века произошла фрагментация ареала с последующим исчезновением сурка в большинстве фрагментов. Каменная степь стала одним из рефугиумов. Байбак сохранился здесь из-за введенного в 1920-е годы охранного режима [2].

В это время сурки жили на старых залежах с ковылями, типчаков, костром, тонконогом и степными кустарниками. Участки с сенокосом и выпасом скота более благоприятны для них, чем заповедные, из-за меньшей высоты и густоты травостоя, а также из-за отсутствия «степного войлока». Порой сурки поселялись у границ полей и даже на их окраинах [2].

При этом численность сурков продолжала постепенно снижаться. Вероятно, это было обусловлено негативными эффектами фрагментации ареала, чрезмерной интенсивностью сенокоса, распашкой используемых для кормежки соседних территорий, а также инбридингом. В 1947 году байбаков было около тысячи, в 1956 году – около 300 [1,2].



с. 10. Расположение поселений сурка-байбака на территории комплексного государственного природного заказника «Каменная степь», окрестности посёлка 2-го участка Научно-исследовательского института сельского хозяйства имени В.В. Докучаева: 1 – поселения 1946–2019 гг.; 2, 3 – 1950-е гг.

Fig. 10. The location of settlements of bobak marmot in territory of complex state nature reserve "Kamennaya Step", vicinity of village of 2nd section of Scientific Research Institute of Agriculture named after V.V. Dokuchaev (1 – settlements 1946–2019; 2, 3 – 1950s)

Примечание: – границы поселения сурков в 2024 году.

Рис. 1. Расположение поселения сурков в Каменной степи (по [4], с изменениями)

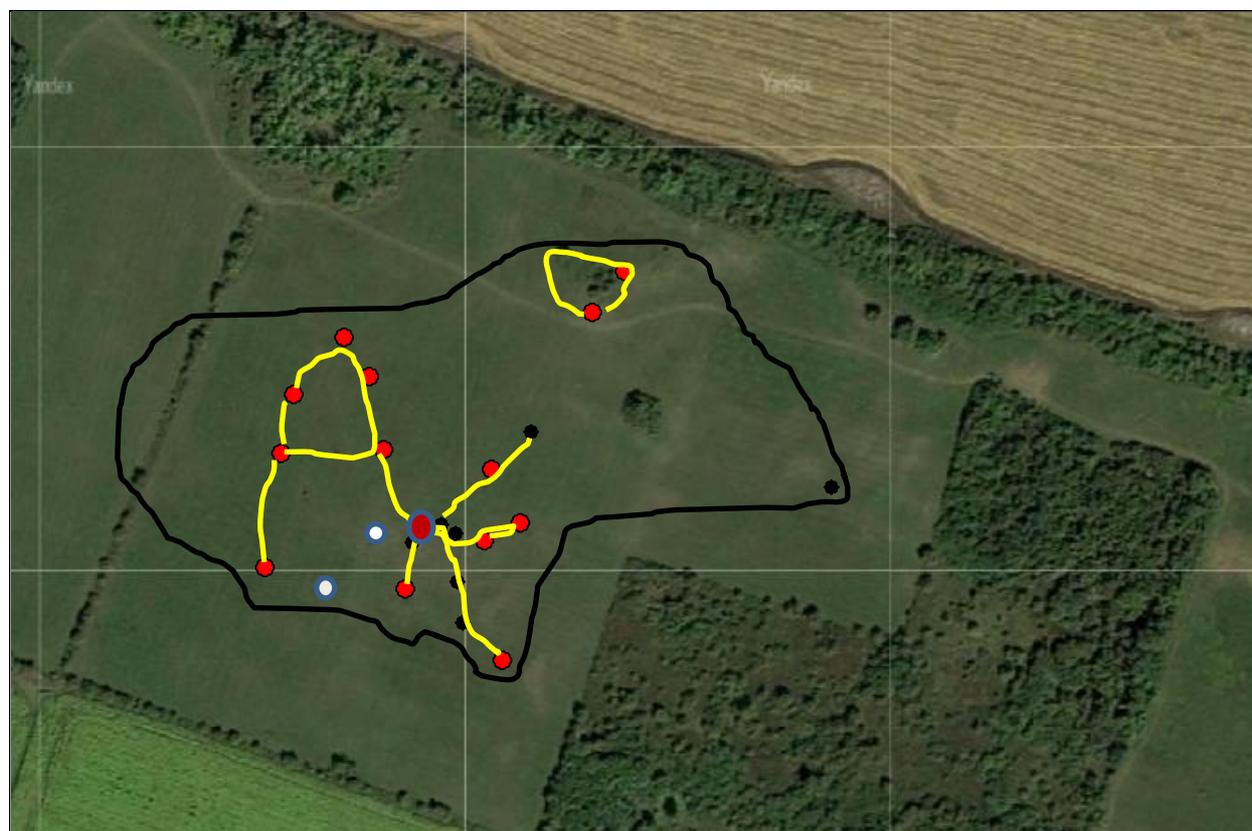
В середине XX века сурки жили в двух местах к северу и югу от поселка 2 участка института имени Докучаева (рис. 1). В 2018 году сохранилось только поселение на

севере, примерно в 500 м севернее метеорологической станции поселка. Время исчезновения поселения на юге неизвестно. Было отмечено около 2-3 сурков и 3-4 посещаемых и заселенных бугана. Большинство буганов сильно заросли и имели мало входов. Одна из сурчин находилась на холмике с колючими кустарниками. В 2019 году сурки не были обнаружены. Норы в этом году еще сильнее заросли [4].

Численность, состав и пространственное распределение

Учеты популяции сурков проводились на одном участке. Это залежь площадью XXX га, расположенная примерно в 2 км к северу от поселка 2 участка (рис. 1).

Залежь окружена полосами древесно-кустарниковой растительности, отделяющими ее от соседних полей. Простирающиеся на многие километры поля изолируют данное поселение байбака. Площадь залежи – около 8 га, поселение сурков занимает 3,9 га в ее центре. В растительности залежи доминирует луговая злаково-разнотравная степь с немногочисленными степными кустарниками (ракетник, терн, боярышник и другие). Поверхность плоская, у северной границы есть два бугра длиной 20-30 м, шириной до 10 м и высотой 1-3 м, поросших кустарниками и низкорослыми деревьями.



- Примечания: – приблизительная граница колонии сурков
- самый крупный и обжитый буган
 - остальные буганы
 - временные норы и группы нор
 - заброшенные буганы
 - основные тропы сурков

Рис. 2. План поселения сурков в Каменной степи

Всего было отмечено около 4-5 особей. Все они – взрослые или годовалые, сего-леток не было обнаружено. Судя по всему, все зверьки относятся к одной семейной группе. Вероятно, 2 сурка составляют доминирующую пару, а 2-3 оставшиеся особи –

годовалые. Следовательно, в прошлом году сурки размножались успешно, в этом – о размножении неизвестно. Бутанов (постоянных) и одиночных (временных) нор всего отмечено 21, с 31 выходами (рис. 2). При этом заросшие и заваленные норы и бутаны, которых было примерно столько же, не учитывались. Таким образом, на каждого сурка приходится 4,2-5,25 бутанов и 6,2-7,75 выходных отверстий.

Байбаки живут в центре залежи, где и сохранилось наибольшее количество нор и тропинок. Север и юг, скорее всего, не заселены (рис. 2). Среди всех бутанов наиболее вытоптан сурками бутан в центре залежи. Система тропинок сурков развита лишь в самом центре залежи, в остальных местах тропинки практически отсутствуют (рис. 2).

Плотность населения сурков в колонии – около 1,03-1,28 ос/га. Этот показатель относительно низок для сурков лесостепи, что также свидетельствует о неблагоприятном состоянии колонии.

Следует также отметить, что за 2019-2024 годы поселение сурков несколько сместилось к югу (примерно на 100 м) (рис. 1-2).

Выводы

1. В Каменной степи в последние десятилетия отмечается очень быстрое сокращение численности сурков. Тем не менее, в 2024 году данная колония еще не исчезла. Одна из вероятных причин этого сокращения – снижение поголовья скота, и, соответственно, интенсивности выпаса в конце XX века. Другая возможная причина – инбридинг. Судя по всему, данное поселение сурков находится на грани исчезновения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В.Н. Материалы по биологии сурка-байбака в условиях Каменной степи Воронежской области. Курсовая работа. / В.Н. Александров. – Воронеж, 1951. – 70 с.
2. Барабаш-Никифоров И.И. Звери юго-восточной части черноземного центра. / И.И. Барабаш-Никофоров. – Воронеж: Воронежское книжное издательство, 1957. – 386 с.
3. Зборищук Ю.Н., Турусов В.И. Микроэлементы в почвах Каменной степи. – Воронеж: Истоки, 2019. – 94 с.
4. Нумеров А.Д., Климов А.С., Труфанова Е.И. Материалы к изучению фауны наземных позвоночных Каменной степи (Таловский район, Воронежская область) // Полевой журнал биолога. – 2021. – Т. 3, №1. – С. 25-52.

ПРЕДСТАВЛЕННОСТЬ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В ПОСЕВАХ С.Х. КУЛЬТУР ФЛОРЫ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

В.Н. Зеленкова, В.К. Тохтарь, М.Ю. Третьяков
tretyakovmiy@gmail.com

НОЦ Ботанический сад НИУ «БелГУ», г. Белгород, Россия

В настоящее время исследование адвентивных растений на территории России сфокусированы на изучении процессов натурализации чужеродных видов и анализа их угрозы региональному биологическому разнообразию [1, 2, 5, 6]. На территории Белгородской области собран обширный флористический материал, связанный с изучением чужеродного компонента в регионе [3, 4]. Однако детальное исследование чужеродного

компонента флоры агрофитоценозов в различных типах экотопов и их сравнительный анализ в посевах различных культур на территории региона не проводился.

Цель исследования – выделение и анализ представленности чужеродного компонента флоры агрофитоценозов на территории Белгородской области.

Объектом исследования была антропогенно трансформированная флора агрофитоценозов, формирующаяся на юго-западе Среднерусской возвышенности, которая рассматривается нами в пределах административных границ Белгородской области.

Полевые исследования проводились с 2017 по 2024 гг. в посевах различных с.х. культур: *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., *Helianthus annuus* L., *Glycine max* (L) Merr., *Beta vulgaris* L., *Echinacea purpurea* (L.) Moench., *Fagopyrum esulentum* Moench., *Helianthus tuberosus* L., *Hordeum sativum* L., *Pisum sativum* L., *Secale cereale* L. Кроме того, были исследованы видовые составы флоры агрофитоценозов в посевах многолетних трав и овощных культур, на залежных участках.

В общей сложности был изучен видовой состав флоры агрофитоценозов на 104 полях в пределах 18 административных районов региона. Составление списка видов осуществлялось маршрутным методом. Латинские названия видов приведены согласно сводке П.Ф. Маевского (2014).

Географическое происхождение видов установлено согласно литературным данным Флоры европейской части СССР (т. 1-8, 1974-1989). Отнесение видов к различным флороценотипам проводилось согласно подходов В.В. Алехина (1940), а также на основании собственных наблюдений и результатов исследований авторов [4, 7].

В ходе проведенного исследования в исследуемых экотопах было выявлено 317 видов растений двух отделов: Polypodiophyta – 2 вида, 1 род и 1 семейство и Magnoliophyta – 315 видов, 217 родов, 49 семейств. Последний отдел включает два класса: на Magnoliopsida приходится 272 вида, 188 родов и 45 семейств, Liliopsida – 43 вида, 29 родов и 4 семейства, из которых чужеродный компонент представлен 60 видами из 21 семейств.

К чужеродным видам нами во флоре агрофитоценозов (**Фа**) Белгородской области отнесены следующие 60 видов растений: *Acer negundo*, *Amaranthus blitoides*, *Amaranthus graecizans*, *Amaranthus powellii*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Anisantha tectorum*, *Arrhenatherum elatius*, *Atriplex oblongifolia*, *Atriplex tatarica*, *Avena fatua*, *Avena sativa*, *Avena sterilis*, *Avena strigosa*, *Bidens frondosa*, *Bromus commutatus*, *Bromus japonicus*, *Bromus squarrosus*, *Cannabis sativa*, *Cardaria draba*, *Chorispora tenella*, *Crepis rhocadifolia*, *Cuscuta compestris*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Datura stramonium*, *Epilóbium adenocáulon*, *Erigeron annuus*, *Erigeron canadensis*, *Eriochloa villosa*, *Echinohloa crusgalli*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Gaillardia grandiflora*, *Galinsoga parviflora*, *Helianthus annuus*, *Helianthus tuberosus*, *Hordeum vulgare*, *Ipomoea purpurea*, *Lactuca tatarica*, *Medicago sativa*, *Medicago varia*, *Oenothera biennis*, *Oxalis stricta*, *Parthenocissus inserta*, *Portulaca oleracea*, *Prunus cerasus*, *Prunus domestica*, *Robinia pseudoacacia*, *Salsola tragus*, *Salvia verticillata*, *Sambucus nigra*, *Saponaria officinalis*, *Senecio vernalis*, *Setaria glauca*, *Setaria verticillata*, *Setaria viridis*, *Solanum nigrum*, *Solidago canadensis*, *Sorbaria sorbifolia*, *Tribulus terrestris*, *Xanthium albinum*.

В посевах *Triticum aestivum* (**Та**) за период исследования нами отмечены 133 вида растений, из которых 29 отнесены к чужеродным: *Acer negundo*, *Amaranthus blitoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Atriplex tatarica*, *Avena fatua*, *Bromus squarrosus*, *Crepis rhocadifolia*, *Cuscuta compestris*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Datura stramonium*, *Erigeron annuus*, *Erigeron canadensis*, *Eriochloa villosa*, *Echinohloa crusgalli*, *Helianthus annuus*, *Lactuca tatarica*, *Malva pusilla*, *Medicago sativa*, *Oenothera biennis*, *Oxalis stricta*, *Portulaca oleracea*, *Prunus domestica*, *Salsola tragus*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Solanum nigrum*, *Sorbaria sorbifolia*, *Xanthium albinum*.

В посевах *Zea mays* (**Zm**) отмечено 109 видов растений, из них на чужеродные виды приходится 20 растений: *Acer negundo*, *Amaranthus blitoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Atriplex tatarica*, *Avena fatua*, *Bromus squarrosus*, *Crepis rhocadifolia*, *Cuscuta compestris*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Datura stramonium*, *Echinochloa crusgalli*, *Erigeron annuus*, *Erigeron canadensis*, *Eriochloa villosa*, *Helianthus annuus*, *Lactuca tatarica*, *Malva pusilla*, *Medicago sativa*, *Oenothera biennis*, *Oxalis stricta*, *Portulaca oleracea*, *Prunus domestica*, *Salsola tragus*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Solanum nigrum*, *Sorbaria sorbifolia*, *Xanthium albinum*.

В посевах *Helianthus annuus* (**Ha**) отмечено 127 видов растений. Из них 27 видов являются чужеродными: *Acer negundo*, *Amaranthus blitoides*, *Amaranthus graecizans*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Atriplex tatarica*, *Avena fatua*, *Bidens frondosa*, *Bromus squarrosus*, *Crepis rhocadifolia*, *Cuscuta compestris*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Echinochloa crusgalli*, *Erigeron annuus*, *Erigeron canadensis*, *Eriochloa villosa*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Lactuca tatarica*, *Malva pusilla*, *Medicago varia*, *Parthenocissus inserta*, *Portulaca oleracea*, *Robinia pseudoacacia*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Solanum nigrum*, *Xanthium albinum*.

В посевах *Glycine max* (**Gm**) выявлено 135 видов растений, 26 чужеродных видов: *Acer negundo*, *Amaranthus blitoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Atriplex tatarica*, *Avena fatua*, *Avena sterilis*, *Bromus squarrosus*, *Cuscuta compestris*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Echinochloa crusgalli*, *Erigeron annuus*, *Erigeron canadensis*, *Eriochloa villosa*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Galinsoga parviflora*, *Lactuca tatarica*, *Malva pusilla*, *Medicago sativa*, *Oxalis stricta*, *Portulaca oleracea*, *Salvia verticillata*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Solanum nigrum*, *Xanthium albinum*.

В посевах других с.х. культур (**ПДСХ**) всего выявлено 188 видов растений, а в их составе 34 чужеродных: *Acer negundo*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Arrhenatherum elatius*, *Atriplex tatarica*, *Avena fatua*, *Avena sativa*, *Avena sterilis*, *Avena strigosa*, *Bromus japonicus*, *Bromus squarrosus*, *Cannabis sativa*, *Crepis rhocadifolia*, *Cuscuta compestris*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Echinochloa crusgalli*, *Erigeron annuus*, *Erigeron canadensis*, *Eriochloa villosa*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Helianthus annuus*, *Helianthus tuberosus*, *Hordeum vulgare*, *Lactuca tatarica*, *Malva pusilla*, *Medicago sativa*, *Parthenocissus inserta*, *Portulaca oleracea*, *Salvia verticillata*, *Setaria glauca*, *Setaria viridis*, *Solanum nigrum*, *Solidago canadensis*, *Xanthium albinum*.

На территории залежных участков (**ЗУ**) представлено 175 растений и 31 чужеродный вид: *Acer negundo*, *Amaranthus powellii*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Anisantha tectorum*, *Atriplex oblongifolia*, *Atriplex tatarica*, *Avena fatua*, *Bidens frondosa*, *Bromus commutatus*, *Bromus squarrosus*, *Chorispora tenella*, *Cuscuta compestris*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Epilobium adenocaulon*, *Erigeron annuus*, *Erigeron canadensis*, *Gaillardia grandiflora*, *Helianthus annuus*, *Ipomoea purpurea*, *Lactuca tatarica*, *Medicago sativa*, *Medicago varia*, *Oenothera biennis*, *Saponaria officinalis*, *Setaria glauca*, *Setaria verticillata*, *Setaria viridis*, *Solanum nigrum*, *Solidago canadensis*, *Xanthium albinum*.

На рисунке 1 представлен сравнительный анализ чужеродного компонента флоры агрофитоценозов по географическому происхождению растений.

На представленном рисунке видно, что в посевах различных с.х. культур значительная часть чужеродных растений приходится на североамериканские виды, представленность которых варьирует от 35,29% в посевах **ПДСХ** до 48,15% в посевах подсолнечника (**Ha**). Вторыми по числу видов являются европейские виды. Их численность варьировала от 29,63% в посевах **Ha** до 35,29% в посевах **ПДСХ**. На виды азиатского

происхождения приходится от 6,45% в **ЗУ** до 14,81% в посевах **На**. Средиземноморско-ирано-туранские виды хорошо представлены в посевах **Zm** (10%), минимальном количестве эти отмечены в посевах пшеницы (3,49%).

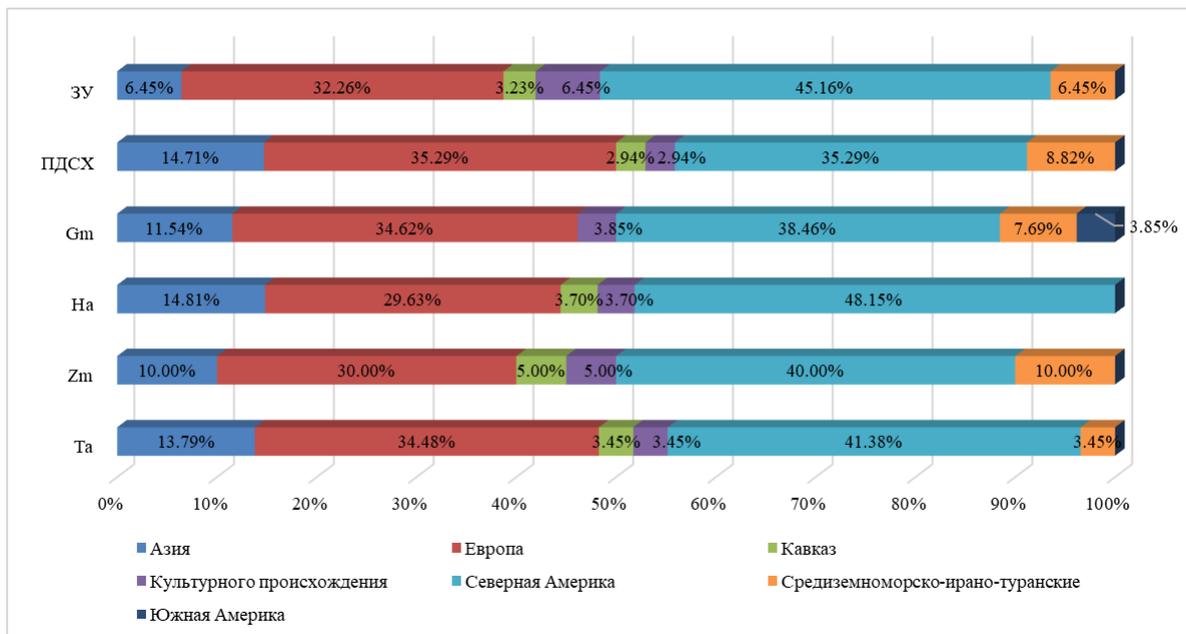


Рис. 1. Чужеродный компонент флоры агрофитоценозов по географическому происхождению видов в посевах различных с.х. культур

Результаты анализа распределения видов по флороценотипам В.В. Алехина (1940) в посевах разных с.х. культур флоры агрофитоценозов представлены на рисунке 2.



Рис. 2. Распределение чужеродных видов по флороценотипам В.В. Алехина (1940) в посевах разных с.х. культур флоры агрофитоценозов

На представленном рисунке можно отметить полное отсутствие чужеродных растений флороцено типа северных склонов, степных западин и дна логов (**РСС**). В пяти из

шесть флороценотивов отсутствуют чужеродные виды растений лесов и кустарников (ЛР), которые отмечаются только в ПДСХ. Третьей группой, которая также представлена только в трех флороценотивах являются виды степных плато, южных склонов и дерезняков (РСП) Они отмечены в посевах сои – *Salvia verticillata* (3,85%), ПДСХ – *Bromus japonicus*, *Salvia verticillata* (5,88%) и на залежных участках – *Chorispora tenella* (3,23%). Основной пул чужеродных видов во всех флороценотивах приходится на сорные растения. Их состав варьирует от 82,35% в ПДСХ до 95% в посевах кукурузы (Zm). Растения, относящиеся к флороценотиву «деревья и кустарники» (ДиК) преобладают в посевах подсолнечника На (14,81%) и в минимальном количестве представлены на залежных участках ЗУ (3,23%).

Оценка распределения чужеродных видов по жизненным формам согласно И.Г. Серебрякова представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Распределение чужеродных видов в посевах разных с.х. культур флоры агрофитоценозов по жизненным формам И.Г. Серебрякова

На представленном рисунке видно, что процент чужеродных видов, относящихся к категории травянистых поликарпиков, возрастает с увеличением биоразнообразия флоры агрофитоценозов и достигает 22,58% от общего числа чужеродных на залежных участках. Наименьшие значения (6,90%) наблюдаются в посевах озимой мягкой пшеницы (Та). Преобладание травянистых монокарпиков, растений с коротким жизненным циклом, свидетельствует о синантропном характере исследуемой флоры агрофитоценозов.

Таким образом, в ходе проведенного исследования чужеродной флоры агрофитоценозов в пределах административных границ Белгородской области в 2017-2024 гг. установлено, что в ее состав входит 60 адвентивных видов. Анализ чужеродных видов в посевах различных с.х. культур по географическому происхождению свидетельствует о том, что большинство растений относится к видам североамериканского и европейского происхождения. Наиболее адаптированными экологическими группами, преобладающими во флоре агрофитоценозов являются группы, относящиеся к сорным растениям и древесно-кустарниковым видам. Последние локализованы преимущественно вблизи лесозащитных полос и грунтовых дорог полей. В целом, по процентной представленности

сти чужеродных видов относительно общего количества растений флоры агрофитоценозов (317 видов) могут быть ранжированы в следующем порядке по убыванию: **ПДСХ** (10,73%) > **ЗУ** (9,78%) > **Та** (9,15%) > **На** (8,52%) > **Gm** (8,20%) > **Zm** (6,31%). Такая последовательность свидетельствует об интенсивности действующих в конкретных условиях среды антропогенных факторов, обусловленных применением интенсивных агротехнологий, которые позволяют снизить процент чужеродных видов.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что чужеродные виды в наибольшей степени представлены в посевах ПДСХ, которые находятся в землепользовании фермерских хозяйств, а также на залежных участках [7]. Именно на эти типы агроэкотопов необходимо обратить внимание при создании системы мониторинга распространения чужеродных видов в Белгородской области, поскольку в них влияние антропогенных факторов на флору агрофитоценозов существенно ниже, чем на полях агрохолдингов региона представленных в настоящем исследовании посевами пшеницы, кукурузы, подсолнечника и сои. Таким образом, распределение числа чужеродных видов обусловлено разным уровнем применения гербицидов и используемых типов агротехнологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Нотов А.А. Чёрная книга флоры Тверской области: чужеродные виды растений в экосистемах Тверского региона. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 292 с.
2. Григорьевская А.Я., Стародубцева Е.А., Хлызова Н.Ю., Агафонов В.А. Адвентивная флора Воронежской области: исторический, биогеографический, экологический аспекты: монография – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2004. – 320 с.
3. Тохтарь В.К., Курской А.Ю. Формирование инвазионного компонента флоры Белгородской области за 170 лет // Ботанический журнал, 2020. – Т. 105, № 9. – С. 854-860.
4. Чёрная книга флоры Белгородской области: монография / Тохтарь В.К., Решетникова Н.М., Курской А.Ю. и др. – Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2023. – 252 с.
5. Vinogradova Yu.K., Tokhtar V.K., Notov A.A., Mayorov S.R., Danilova E.S. Plant invasion research in Russia: basic project and scientific fields // *Plants*, 2021. – Vol. 10, Iss.7. – P. 1477.
6. Tokhtar V.K., Vinogradova Yu.K., Notov A.A., Kurskoy A.Yu., Danilova E.S. On approaches to the study of plant invasion in Russia // *Environmental and Socio-economic Studies*, 2021. – Vol. 9, Iss. 4. – P. 45-56.
7. Tokhtar, V.K. Classification of flora of agrophytocenoses growing in the southwest of the Central russian upland (Russia) / V.K. Tokhtar, V.N. Zelenkova // *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. – 2020. – Vol. 21, №19-20. – P. 78-85.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ РАСТЕНИЙ ДЛЯ БИОИНДИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

В.В. Кульнев¹, А.Н. Кизеев²
kulneff.vadim@yandex.ru, a.kizeev@s-znc.ru

¹*Центрально-Черноземное межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, г. Воронеж, Россия*

²*Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия*

В экологической практике используются различные методологические подходы к определению состояния компонентов окружающей природной среды. Арсенал этих методов достаточно широк и многовариантен. При проведении исследований применяются как методы прямого измерения (определение содержания загрязняющих веществ в почвах, природных водах, атмосферном воздухе, измерение количественных показателей геофизических полей), так и косвенного определения состояния окружающей среды.

Среди косвенных методов, в настоящее время, наибольшее распространение получили биоиндикационные методы. Известно применение многих видов живых организмов, как животного, так и растительного генезиса, которые являются биоиндикаторами. При этом степень загрязнения почв, природных вод, атмосферного воздуха и геологической среды оценивается через призму определения их состояния.

Актуальность изучения геоэкологического состояния атмосферного воздуха неоспорима. Так, например, в работах [15, 16, 25] приводятся различные способы оценки качества атмосферного воздуха. В ряде научных работ лишеноиндикация признается наиболее эффективным инструментом при проведении фоновых и импактного экологического мониторинга. В частности, исследование специалистов Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского посвящено опыту использования лишенобиоты для оценки сред обитания на химически опасном техногенном объекте. В качестве биоиндикаторов концентрации общей серы авторы использовали ксанторию настенную (*Xanthoria parietina*) и пармелию борозчатую (*Parmelia sulcata*). Показано, что исследование состава указанных видов лишайников по содержанию серы и синтетических лишеноиндикационных индексов позволяет вести эффективный экомониторинг в части определения состояния лесных экосистем после завершения процесса уничтожения химического оружия [1].

Исследователями Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина показано, что система воздухоохранного мониторинга должна быть оптимизирована за счет закладки пробных площадей с применением расчета рассеивания от стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферы и внесения соответствующих результатов в базы данных географических информационных систем для автоматизации процесса подсчета проективного покрытия эпифитных лишайников [2].

Исследование шведских ученых посвящено применению лишеноиндикационного подхода для оценки последствий лесных пожаров в долине реки Лулейлевен. Авторами показано, что многократные лесные пожары в конечном итоге истощали питательный потенциал почвы, особенно в части содержания азота и фосфора, тем самым резко сни-

жая продуктивность [27].

Исследование испано-финского коллектива специалистов отражает применимость использования лишенофлоры для оценки загрязнения воздушной среды испанского города Гранады тяжелыми металлами. Коэффициенты бионакопления ванадия, хрома, никеля, меди, цинка, кадмия, сурьмы и свинца, связанные с выбросами выхлопных и не выхлопных газов, позволили очертить горячие точки их депонирования. Они располагались на основных транспортных магистралях, характеризующиеся плотным транспортным потоком и обильными пробками. Для выделения невыхлопных выбросов авторы изучили пространственное распределение $Cu:Sb$ – трассировщика износа тормозов. Установлено, что данный вид загрязнения происходит из-за резкого торможения и ускорения во время частых пробок. Описанное исследование показывает, что содержание тяжелых металлов в лишайниках является отличным показателем не исходящих выбросов в атмосферу в Гранаде, и что их вклад в загрязнение воздуха более значителен, чем считалось ранее [26].

Учеными из Кирова и Петрозаводска показано, что определение фрактальной размерности и изучение спектра отражения по цифровым фотографиям лишайников дает основу для разработки перспективных методов лишеноиндикации, как менее трудоемких для проведения массовых анализов [23, 24].

В развитие идей экологов Вятского государственного университета, авторами настоящей статьи были проведены исследования, направленные на определения возможности использования фрактальных характеристик фотографий эпифитной лишенофлоры для оценки качества атмосферного воздуха от стационарных [18, 20] и линейных источников загрязнения [19].

В работах [6, 17, 21] показана возможность оценки экологического состояния почвенного покрова с помощью биоиндикаторов – листьев некоторых видов деревьев, через определение степени их симметрии.

Касательно определения фрактальных характеристик листовой пластины деревьев на примере березы субарктической, то они впервые были проведены в авторских работах [10, 11, 13]

В настоящем исследовании мы решили остановиться на описании применимости биоиндикационного подхода в оценке экологического состояния атмосферного воздуха и почв горных территорий. В качестве местоположения, с нашей точки зрения, наиболее подходящего для специфики исследований был выбран Хибинский горный массив, территориально расположенный на Кольском полуострове за Северным полярным кругом.

В развитие нашего исследования мы не ограничились определением фрактальных характеристик представителей лишенофлоры, которая является биоиндикатором состояния атмосферного воздуха. Мы добавили значения указанной характеристики для листовых пластинок березы субарктической (*Betula subarctica*) – биоиндикатора состояния почвенного покрова. Сбор листьев березы субарктической осуществлялся в тех же локациях, что и для лишайников, в частности, *Cladonia stellaris*. При этом для локаций опробования были выбраны места с однородным растительным покровом.

На территории Мурманской области расположены одни из крупнейших в России горнодобывающих предприятий. Представители группы лишайников являются очень популярным объектом изучения в экологии благодаря следующим своим особенностям: во-первых, в их питании доминирующую роль играет атмосферное поступление, а, во-вторых, многие виды лишайников имеют обширные ареалы [3]. В такой же степени это справедливо и для березы субарктической. Следовательно, оба растения можно исполь-

зовать в качестве биоиндикаторов. Объектами исследования послужили лишайники, а также береза субарктическая, произрастающие в районе расположения горнодобывающего предприятия. Их изучение проводилось на стационарных точках мониторинга, с интервалом в 5 км от предприятия. При этом для площадок были выбраны места с однородным растительным покровом.

Определение граничных фрактальных показателей возможно по причине наличия тесной связи фрактальности с толерантностью любой абиотической компоненты. Выделяют следующие категории процессов, протекающих в геосистемах.

Случайные процессы характеризуются тем, что при внешнем воздействии имеет место быть сохранение ресурсов и функций геосистемы, например, территории на которых исключается любая техногенная деятельность – особо охраняемые природные территории [7].

Самоорганизованные процессы наблюдаются в геосистемах с допустимым уровнем техногенной нагрузки, то есть, негативное воздействие на компоненты окружающей природной среды нивелируется за счет эндогенных ресурсов геосистемы [5, 22]. При условии снятия внешнего воздействия любая геосистема приходит к состоянию гомеостаза (динамического равновесия).

Нами с использованием специализированного программного обеспечения «Gwydon» был произведен расчет фрактальной размерности талломов лишайника вида *Cladonia stellaris*, а также листовых пластин березы вида *Betula subarctica*. Проведенные измерения показали высокую степень сходимости результатов. Полученные значения фрактальной размерности колебались в пределах от 1,2 до 1,7, для всех использованных биоиндикаторов.

Таким образом, практический результат исследования состоит в том, что удалось доказать сходимость результатов определения фрактальных характеристик как представителей лишайнофлоры, так и вегетативных органов древесных растений. Это открывает новые горизонты в совершенствовании геоэкологического мониторинга [4, 8, 9, 12-14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко Л.Н. Биологическая и химическая лишайноиндикация в мониторинге химически опасных техногенных объектов // Международный научный журнал «Символ науки». – 2016. – №1. – С 9-12.
2. Блинова Э.А., Иванов Е.С., Черная В.В. Инновации лишайноиндикации в мониторинге воздухоохранной деятельности // Сборник трудов первого международного экологического форума в Рязани «Здоровая окружающая среда – основа безопасности регионов»: посвящается году экологии в Российской Федерации. Рязань, 2017. – С. 13-19.
3. Бязров Л.Г. Лишайники – индикаторы радиоактивного загрязнения. – Москва. Товарищество научных изданий КМК. 2005. – 476 с.
4. Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г., Махутов Н.А. Управление риском и устойчивое развитие. Человеческое измерение // Общественные науки и современность. – 2000. – №6. – С.150-162.
5. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С. и др. Фрактальные аспекты структурной устойчивости биотических сообществ // Междисциплинарный научный и прикладной журнал “Биосфера”. – 2013. – Т.5, №2. – С. 143-159.
6. Ерофеева Е.А., Савинов А.Б., Юнина В.П. и др. Изменение типа асимметрии морфологических признаков листа *Tilia cordata* Mill. в условиях автотранспортного за-

грязнения // Проблемы региональной экологии. – 2019. – № 3. – С. 5-8. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-13005>.

7. Здоровцов В.А., Пендюрин Е.А. Определение антропогенной нагрузки на особо охраняемые природные территории государственного природного заповедника «Белогорье» // Вектор ГеоНаук. Белгород. – 2018. – Т.1, №1. – С. 87-92.

8. Кизеев А.Н., Кульнев В.В., Кульнева Е.М. Роль радиобиологических исследований в реализации эколого-геохимической функции литосферы // Материалы восьмой научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы». – Воронеж: Издательство ООО рекламно-издательская фирма «Кварта», 2023. – С. 28-32.

9. Кочуров Б.И., Кульнев В.В., Цветков И.В. Мультифрактальные модели воздействия на водную экосистему: отклик, риск, управление // Региональные геосистемы. – 2022. – Т. 46, № 1. – С. 71-80. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-1-71-80>.

10. Кульнев В.В. Использование фрактальных характеристик листовой пластины *Betula subarktica* в биотестировании экологического состояния техногенно нагруженной территории // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение», посвященной 60-летию НИЛ экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ. – Минск: Издательство Белорусского государственного университета, 2022. – С. 368-372.

11. Кульнев В.В., Кизеев А.Н. Фрактальность листа карликовой березы (*Betula nana* L.) – показатель экологического состояния горных экосистем Заполярья // Материалы II Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы использования горных лесов». – Краснодар: Издательство Кубанского государственного университета, 2023. – С. 242-248.

12. Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Насонов А.Н. и др. Применение фрактального анализа для оценки экологического состояния внутриконтинентальных орогенов (на примере Хибинского горного массива) // Тезисы докладов VIII Международного симпозиума «Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов». – Бишкек: ФГБУН «Научная станция Российской академии наук в г. Бишкеке», 2021. – С. 304-308.

13. Кульнев В.В., Насонов А.Н. К вопросу оценки геоэкологического состояния природно-технических систем // Материалы III Международной научно-практической конференции. – Саранск: Издательство МГУ им. Н.П. Огарёва, 2023. – С. 176-180.

14. Кульнев В.В., Насонов А.Н., Цветков И.В., и др. Биотестирование почв на основе фрактальных характеристик растений // Принципы экологии. – 2020. – № 4 (38). – С. 40-53.

15. Куролап С.А., Клепиков О.В., Кульнев В.В., и др. Канцерогенный риск, связанный с загрязнением атмосферного воздуха промышленных городов Центрального Черноземья // Гигиена и санитария. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 853-860. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-8-853-860>.

16. Куролап С.А., Петросян В.С., Клепиков О.В., и др. Оценка влияния метеорологических параметров на техногенное загрязнение канцерогеноопасными химическими веществами воздушного бассейна города Воронежа // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 2. – С. 60-65. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-2-60-65>.

17. Макарова В.Н., Пчелкин А.М., Исаева И.В. Оценка уровня загрязнения воздуха городской среды на территории Ленинского района города Владивостока // Терри-

тория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 109-120. <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2022-1/109-120>.

18. Насонов А.Н., Кульнев В.В., Графкина М.В. Моделирование динамики и прогноза экологических состояний воздушной среды селитебных территорий // Экология и развитие общества. – 2019а. – № 2 (29). – С. 56-63.

19. Насонов А.Н., Кульнев В.В., Цветков И.В., и др. Применение фрактального анализа при лишеноиндикации техногенного воздействия от линейного источника загрязнения атмосферы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. – 2019б. – Т. 19, № 4. – С. 233-240.

20. Насонов А.Н., Цветков И.В., Кизеев А.Н., Кульнев В.В., Мартынов Д.Ю., Сметанин В.И. Применение фрактального анализа в лишеноиндикации загрязнения атмосферного воздуха техногенно нагруженных территорий // Экология и промышленность России. – 2019в. – Т. 23, № 3. – С. 34-38 <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-3-34-38>.

21. Ракутько Е.Н., Ракутько С.А. О возможности биоиндикации окружающей среды по флуктуирующей асимметрии оптической плотности листьев растений // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 1(69). – С. 563-575. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2023-01-62>.

22. Розенберг Г.С. Введение в теоретическую экологию. В 2-х томах. – Тольятти: «Кассандра», 2013. – Т.1 – 564 с.; Т.2 – 445 с.

23. Рутман В.В., Резник Е.Н. Применение фрактального анализа и изучения цветометрических характеристик в лишеноиндикации // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экология родного края: проблемы и пути решения». – Киров, 2016. – С. 328-331.

24. Сухарева Т.А. Элементный состав талломов лишайника *Cladonia stellaris* в условиях атмосферного загрязнения // Труды Карельского научного центра РАН. – 2016. – №4. – С. 70-82.

25. Чубирко М.И., Клепиков О.В., Куролап С.А. и др. Верификация установления проектных границ седьмой подзоны приаэродромной территории по шумовому и канцерогенному факторам // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 8. – С. 878-885. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-878-885>.

26. Annika Parviainen, Evgenia Maria Papaslioti, Manuel Casares-Porcel etc. Antimony as a tracer of non-exhaust traffic emissions in air pollution in Granada (S Spain) using lichen bioindicators // Environmental Pollution. – 2020. – Volume 263. Part A. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114482>.

27. G. Hörnberg, T. Josefsson, T.H. DeLuca, etc. Anthropogenic use of fire led to degraded scots pine-lichen forest in northern Sweden // Anthropocene. – 2018. – Volume 24. – Pages 14-29. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2018.10.002>.

МОРФОЛОГИЯ ПОЧВ ВЕРХНЕ БАЛКАРСКОГО УЩЕЛЬЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Л.С. Ламашвили¹
Luki-786.90@mail.ru

¹*Кабардино-Балкарский государственный заповедник, г. Нальчик, Россия*
¹*Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова,
г. Нальчик, Россия*

Верхняя Балкария представляет собой высокогорную страну, расположенную в наиболее высокой части Центрального Кавказа. В этой области помимо, так называемого, Главного, к северу от него и параллельно ему, в направлении с ЮВ на СЗ, протягиваются еще два хребта. Из них южный называют передовым и северный – Скалистым или Известковым.

Указанные выше хребты разделены продольными депрессиями, с которыми порой совпадают продольные долины крупных рек.

Рельеф В. Балкарии как горной области, сложный. Он связан с геологической историей горных систем и особенностями слагающих их пород. Общими чертами горного рельефа являются чрезвычайно сильная его расчлененность и разнообразие форм. Господствующими видами поверхности в горах являются склоны различной формы, крутизны и экспозиции. Доминирующую роль в строении данного района играют кристаллические породы, представленные гранитами и кристаллическими сланцами.

Вся территория республики подразделена на тринадцать почвенных районов. Верхняя Балкария относится к Тырнаузско-Хуламскому почвенному району. Данный почвенный район охватывает всю территорию по вершине к южному склону Скалистых гор вплоть до главного Кавказского хребта [1,2].

Нами было заложено 6 пунктов отбора (табл.1). Отбор проб почв проводился с ненарушенных фоновых участков до начала активной вегетации. Почвы каждой пробы высушивалась до воздушно-сухого состояния, определялась величина влажности, и результаты анализа пересчитывались на сухую пробу почвы. Пробы отбирают на пробной площадке из одного или нескольких слоев, или горизонтов методом конверта, по диагонали либо любым другим способом с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы [3].

В данном районе преобладают горнолуговые типичные и горные лесные почвы, в меньшей мере горнолуговые степные.

Общим свойством отобранных на лугу почв является скелетность и небольшая мощность почвенного профиля с отчетливо выраженным темным гумусовым горизонтом, иногда торфянистым, наличие мелких камней различного диаметра, а ниже слабого гумусового слоя более крупных каменных включений. Малый объемный удельный вес верхних горизонтов, значительная их порозность, большая гигроскопичность и влагоемкость убывает с глубиной. Различия в мощности горнолуговых почв на склонах обусловлены разной интенсивностью процессов выветривания и почвообразования. Почвенный разрез удалось пройти всего на 8-15 см, ниже лежит плотный слой мелкообломочного материала, в который по трещинам и промежуткам между камнями проникает почва. Весь разрез представлен гумусовым горизонтом супесчаным, сверху слегка огли-

ненные. Почвы структурированы, горно-черноземного типа, не карбонатные.

Таблица 1

Пункты отбора

№ пробы	Пункты отбора почв	Растительный покров исследуемой территории	Глубина взятия образцов		Мощность гумусового слоя, см	Наличие включений антропогенного происхождения
			верхний слой	нижний слой		
1.	В.Балкария Нарзаны 0 км	Склон, луг	0-2	2-15	8	-
2.	В.Балкария, после слияния рек Дыхсу и Кара-су 3,5км	Лес, под сосной	0-6	6-15	>10	-
3.	После левого притока Тютюнсу 5,3 км	Луг, цветы, трава	0-2	2-9	6	-
4.	Гюльчи-Су 14,5	Лес, мох	0-3	3-8	5	-
5.	Мост 17,8	Луг	0-4	4-16	>10	-
6.	Правый приток р.Рцывашки 19,8	Луг	0-2	2-8	8	-

Особенностью лесной почвы является гумусовый слой. Морфологическое строение профиля почвы, отобранной в лесу в верхнем слое 0-7 см, отличается от верхних слоев луговых почв. Во втором слое почва леса влажная, буровато-черная, черноземовидная, непрочно-комковатая структура, слабо уплотненная.

На момент отбора были снежные лавины на склонах, а также осыпи, что очень негативно влияет на почвенный покров и соответственно на растительность. В местах движения снежных лавин развиты процессы эрозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фиापшев Б.Х. О классификации и систематике почв Кабардино-Балкарской АССР. / Б.Х. Фиапшев // Ученые записки КБГУ. – 1972. – Вып. 38. – С. 3-11.
2. Фиапшев Б.Х. Почвы Кабардино-Балкарской АССР и их сельскохозяйственное использование. / Б.Х. Фиапшев // Охрана и рациональное использование почв, недр и водных ресурсов. – Нальчик, 1977. – С. 13-20.
3. ГОСТ – 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ф.Н. Лисецкий, А.О. Полетаев
fnliset@mail.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия*

В рамках реализации конвенции ООН об изменении климата (*UNFCCC*) было инициировано Парижское соглашение и предложена инициатива 4p1000, направленная на увеличение запасов в почве органического углерода за счет внедрения передовых методов агрохозяйственной деятельности, в числе которых поощряются консервативные методы и природоподобные технологии, такие, например, как нулевые обработки (*No-tillage*) почвы. Эти подходы по-разному будут эффективны в конкретных биоклиматических и почвенных условиях, что обуславливает формирование нового круга исследовательских задач. Постагроденные почвы находятся в оптимальных условиях воспроизводства ресурсов почвенного плодородия, что, в частности, отражается в прогрессивном изменении количественных и качественных параметров органического вещества. Такие почвы выступают натурными моделями ренатурационных процессов при их максимальной эффективности [3, 4], однако цели как простого, так и расширенного воспроизводства почвенного органического вещества (ПОВ) могут быть достигнуты также в почвосберегающих и почвовосстанавливающих системах земледелия, практикуемых при его биологизации [2, 5]. Пахотные почвы России по максимальному потенциалу секвестрации углерода в почве (25,5 Мт/год) занимают пятое место в мире [7]. Сукцессионные изменения на залежных землях – сложный процесс постагроденного восстановления почвенно-растительного покрова в регенеративных экосистемах. При зарастании заброшенных сельхозугодий, особенно после долгого их использования, изменяются многие почвенные показатели, включая углерод и гумусное состояние почв, физические, физико-химические и агрохимические свойства постагроденных почв, функционирование микробных сообществ и биологические свойства почв. В ходе постагроденной динамики происходит сингенетический процесс сукцессионных смен растительности и почв. При этом увеличивается как содержание ПОВ и его запасы (в связи с изменением плотности сложения почвы), так и качественный состав гумуса.

Особенности воспроизводства органического вещества должны учитываться при нормировании эрозионных потерь почвы [3, 6], с учетом того обстоятельства, что при водно-эрозионном процессе происходит селективный отбор частиц с меньшей плотностью твердой фазы, для которых характерно обогащение ПОВ. В этой связи особенно актуальны исследования в Белгородской области, которая характеризуется наибольшей степенью эродированности почвенного покрова в ЦЧР. Объектами исследования выступали постагроденные почвы, для которых историю землепользования, включая датировку начала залежного режима, устанавливали, воссоздавая историю полей по разновременным топографическим картам и космическим снимкам. Почвенные разрезы входят в состав полигонов, которые, исходя из их расположения с северо-запада на юго-восток Белгородской области: Хотмыжский полигон (№ 1); Прохоровский полигон (№ 2); Вейделевский полигон (№ 3), отражают изменение почвенно-климатических условий от подзоны типичной лесостепи (№ 1 и № 2) к подзоне южной лесостепи (№ 3), то есть по

градиенту аридности. По данным на середину XX века среднегодовое количество осадков по этой трансекте изменялось от первого ко второму и третьему полигону от 574 мм к 630 мм и до 644 мм. В этот же период не менее значительно менялись и условия обеспеченности теплом. Энергетический потенциал почвообразования, отражающий климатические затраты энергии (Q , МДж(м²· год)), рассчитывали по формуле В.Р. Волобуева (1959), учитывающей условия тепло- и влагообеспеченности (через многолетние величины радиационного баланса и годовой суммы осадков). Для десятилетий, синхронных с длительностью залежного режима, рассчитаны величины биоклиматического потенциала (БКП), учитывающие сумму среднесуточных температур воздуха за период активной вегетации и коэффициент роста показателя атмосферного увлажнения. При этом важно отметить, что тип землепользования существенно преломляет биоклиматические условия внешней среды, что было показано при сравнении температурной чувствительности у почв, которые находились в сельскохозяйственном использовании, с их природными аналогами [1].

Содержание мортмассы устанавливали путем отмывки негумифицированного органического вещества водой на сите с диаметром ячеек 0,25 мм. Углерод мортмассы определяли методом Тюрина в модификации Янишевского. Анализ содержания в почве органического углерода выполняли по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), лабильного гумуса – по методу Егорова (1938), валового азота – по методике Кьельдаля – Иодельбауэра. Качественный состав ПОВ определяли по методике М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой. Для сравнительного анализа разновременных залежей с различной мощностью горизонта ренатурации (от 12 до 26 см, в среднем – 19 см) были рассчитаны удельные запасы ПОВ и общего валового азота (т/га) путем их приведения на каждые 10 см мощности горизонта А.

В постагрогенных горизонтах почв указанных трех полигонов наименьшие различия определены для содержания гуминов, лабильных органических веществ, а также доли Сгк и Сфк, содержания легко трансформируемых органических веществ и соотношения С:N. Из проанализированного ансамбля параметров, характеризующих количественный и качественный состав ПОВ, были обоснованы восемь наиболее характерных показателей, названных диагностическими (табл. 1).

Исследовательские полигоны по варьированию величин диагностических показателей содержания и состава ПОВ располагаются в ряд от Прохоровского к Вейделевскому и к Хотмыжскому (по мере снижения вариации показателей внутри ансамбля). Это отражает более широкие диапазоны проявления педогенеза в почвах черноземного типа под разнотравными луговыми сообществами по сравнению с залежами с серыми лесными почвами, где определённое участие принимает лесная растительность. В том же порядке расположения полигонов наблюдается устойчивое снижение величин пяти показателей из восьми, показанных в таблице 1. Они характеризуют содержание Сорг и удельные запасы ПОВ и азота. Отличается от почв других полигонов почва Вейделевского полигона, расположенного в подзоне южной лесостепи с наибольшим энергопотенциалом почвообразования. Здесь постагрогенный горизонт чернозема выщелоченного, находящегося в режиме залежи 40 лет, характеризуется более высокими величинами содержания углерода в лабильных органических веществах и соотношения Сгк:Сфк.

Соотношение удельных скоростей процессов формирования и деструкции растительного вещества во многом контролируется конкретными биоклиматическими условиями. Чем выше продукция и ниже скорость деструкции, тем больше мортмассы накапливается в надземном ярусе. Она, но особенно мортмасса подземного яруса, вы-

ступает значимым резервом для образования и последующего депонирования органического углерода (Сорг). В отличие от контраста трех залежных почв по содержанию мортмассы (до двух раз) содержание углерода в ней варьировало у почв на разных полигонах менее значительно (в диапазоне от 18 до 22 %). Более высокая обогащенность органическим углеродом структурных отдельных диаметров 1-2 мм в сравнении с более крупной размерностью (2-3 мм) отмечена только для постагрогенного горизонта почвы из Вейделевского полигона (1,1), однако, как показывают данные Таблицы, почвы трех полигонов значительно отличаются по содержанию Сорг в мезоагрегатах диаметром 1-2 мм.

Таблица 1

Диагностические показатели содержания и состава ПОВ в постагрогенных горизонтах почв трех полигонов Белгородской области

Показатели	Ед. измер.	Полигоны исследования*		
		П	В	Х
Q	МДж(м ² . год)	1120	1130	1056
БКП	баллы	1,78	1,88	1,84
УЗ** (ПОВ)	т/га	49,1	35,7	18,5
УЗ** (Нвал.)	т/га	2,9	2,8	1,3
М****	%	4,2	1,8	2,0
Сорг (почва)	%	3,0	2,3	2,0
Сорг (1–2 мм)	%	4,5	3,4	2,4
Сорг (0,1н NaOH)	%	1,5	1,1	0,9
Слг***	%	0,15	0,37	0,23
Сгк:Сфк	–	2,3	2,5	1,7

* Полигоны: П – Прохоровский; В – Вейделевский; Х – Хотмыжский. ** УЗ (Удельные запасы, т/га); *** Слг – содержание углерода в лабильных органических веществах; **** М – содержание мортмассы, %.

Установленная связь Сорг с 11 физико-химическими показателями (содержание мортмассы и её углерода, лабильного и легко трансформируемого органического вещества (ОВ), частиц <0,01 мм, Нвал., а также пятью показателями микробиологической активности) позволила определить вклад наиболее лабильных и климатически детерминированных свойств. После разделения почвы на структурные отдельные размерности 1-2 мм и 2-3 мм, что позволило ввести в массив анализируемых данных водопрочность агрегатов, был выполнен анализ между содержанием Сорг и 15 показателями потенциально плодородия. Для совокупной выборки, включающей структурные отдельные размерности 1-2 мм и 2-3 мм, статистически значимая положительная корреляция ($p < 0,05$) содержания Сорг установлена с содержанием серы и оксида кальция, а статистически значимая отрицательная корреляция наблюдается у содержания Сорг с содержанием SiO₂ и кобальта. Более мелкие структурные отдельные размерности (1-2 мм) отличаются от более крупных (2-3 мм) тесной зависимостью гумусированности почв с содержанием цинка и оксида фосфора. Результаты анализа связи между содержанием Сорг и содержанием эссенци-

альных элементов позволяют статистически достоверно определить для условий лесостепи Белгородской области ансамбль химических элементов и оксидов, которые сопровождают (и диагностируют) процессы депонирования органического углерода в залежном режиме (оксиды кальция и фосфора, валовой азот, сера, цинк). Закрепление гумусовых веществ затруднительно в более легких по гранулометрическому составу почвах с содержанием физической глины менее 30%, что отражаются в более высоком содержании в них оксида кремния. Таким образом, процессы формирования органо-минеральных соединений, использующих запас частиц пыли и глины, определяют потенциал устойчивого депонирования защищенного от минерализации ПОВ и углерод-протекторную емкость почвы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-17-00169, <https://rscf.ru/project/23-17-00169/>

ЛИТЕРАТУРА

1. Каганов В. В. Оценка скорости минерализации органического вещества основных типов почв европейской части России при различных температурных режимах / В. В. Каганов, И. Н. Курганова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 15(110). – С. 145-153.

2. Лисецкий Ф. Н. Воспроизводство почв в системах ландшафтно-экологического земледелия / Ф. Н. Лисецкий // Научные и практические основы сохранения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в адаптивно-ландшафтном земледелии : Материалы международной научно-практической конференции 25-26 мая 2004 г., Белгород: Белгородский НИИСХ, 25–26 мая 2004 года. – Белгород: Крестьянское дело: Крестьянское дело, 2004. – С. 160-168.

3. Лисецкий Ф. Н. Научное обеспечение экологической реставрации разрушенных земель в агроландшафтах / Ф. Н. Лисецкий, И. В. Кулик // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения : VI международная научно-производственная конференция, Белгород, 26–28 марта 2002 года. Том Часть I. – Белгород: Белгородская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. – С. 17-18.

4. Малышев А. В. Особенности воспроизводства почв на залежах в различных физико-географических условиях Белгородской области / А. В. Малышев // Региональные геосистемы. – 2021. – Т. 45, № 1. – С. 40-50. – DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-1-40-50.

5. Савченко Е. С. Опыт биологизации агротехнологий при освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Белгородской области / Е. С. Савченко, В. И. Кирюшин, С. В. Лукин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 6(390). – С. 658-661. – DOI: 10.55186/25876740_2022_65_6_658.

6. Спесивый О. В. Оценка интенсивности и нормирование эрозионных потерь почвы в центрально-черноземном районе на основе бассейнового подхода / О. В. Спесивый, Ф. Н. Лисецкий // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 10(181). – С. 125-132.

7. Romanenkov V. A. Maps of soil organic carbon sequestration potential in the Russian croplands / V. A. Romanenkov, J. L. Meshalkina, A. Y. Gorbacheva et al. // Eurasian Soil Sc. – 2024. – Vol. 57. – P. 737-750. – DOI: 10.1134/S106422932360375X.

СИНАНТРОПИЗАЦИЯ И НАТУРАЛИЗАЦИЯ ФЛОРЫ КУЛЬТУРНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

А.М. Луговской
alug1961@yandex.ru

*Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
г. Москва, Россия*

В настоящее время техногенное воздействие на природу, направленное на удовлетворение потребностей человека, приводит к уменьшению звеньев в цепях экосистем, к формированию рукотворных процессов, например синантропизации и натурализации. Виды пришлые или адвентивные приспосабливаются не только в антропогенных местообитаниях, но и природных. Местные виды естественных сообществ, приживаются или апофитизируются на нарушенных экотопах. Такие виды принято называть синантропными. В связи с этим, исследование процессов синантропизации флоры и последствий влияния этого процесса на состояние экосистемы в целом имеет важнейшее значение в региональном и глобальном масштабе. Виды, попавшие извне в растительность определенной территории в связи с адаптивными способностями, натурализуясь, обогащают местную флору при условии не вытеснения местных видов.

Зеленые насаждения на территории города формируют природную среду необходимую для жизни человека. Зеленые насаждения рассматриваются как неотъемлемая часть комплекса мероприятий по защите окружающей среды и благоустройству населенных мест. Причины гибели растений – загрязнение воздуха и негативная деятельность человека. В тех местах, где вымирают деревья, содержание загрязняющих веществ достигает особо высоких уровней. В гибели таких растений повинны кислотные осадки и озон.. Антропогенное воздействие выражается в опосредственном влиянии: через атмосферные выбросы сточных вод, почвы, и непосредственно через реакционное воздействие. Большое внимание уделяется исследованию механизма распространения шума по растительному покрову. Экспериментально доказано, что растения снижают уровень городских шумов, многие исследователи сообщают о шумопоглощающих свойствах газонов и вертикального озеленения [6].

Кроме традиционного изучения адвентивных флор отдельных, более или менее обширных регионов и регистрации новых флористических находок, появились интересные работы по изучению микроэволюционных процессов внутривидовой изменчивости, кариологические сводки, по углубленному изучению биоэкологических особенностей, натурализации, об особенностях и эволюционной роли растений, о своеобразии урбанофлор и урбанизированных экосистем, о путях формирования сегетальных флор и по многим другим вопросам.

Накопление данных о синантропной флоре началось еще в прошлом веке в процессе изучения региональной флоры. В это время ботаническими садами были предприняты попытки специального изучения сорных растений. Однако выделение сорняков в качестве самостоятельного объекта исследования приходится на первую четверть текущего столетия. Более ранние сведения о синантропных видах содержится лишь во флористических списках прошлого века. На наличие в региональной флоре растений, занесенных человеком, впервые обратил внимание И.В. Шмальгаузен, указавший родину этих адвентивных видов [7].

В конце девятнадцатого и начале двадцатого веков в период интенсивного освое-

ния степей и увеличения площади пахотных земель возникла потребность в изучении сорных растений в связи с необходимостью ограничения их возрастной численности. Одновременно с сугубо агротехническими характеристиками особо обременительных сорняков и рекомендации по их ликвидации появились и работы, вызванные необычайно быстрым распространением ряда адвентивных видов, в которых освещались пути и объяснялись причины их расселения.

К плановому изучению сорной флоры приступили в начале двадцатого века. Эти исследования были организованы отделами по борьбе с вредителями сельского хозяйства, учреждениями при земствах, а затем продолжены в сельскохозяйственными научно-исследовательскими станциями, созданными в ряде степных и лесостепных районов. В двадцатые годы центром изучения сорной флоры становится, руководимое А.А. Янатов, Бюро сорняков при сельскохозяйственном комитете. Общие вопросы изучения сорняков посвящены работы П.И. Лещенко, А.А. Янаты и Г.М. Высоцкого [1,3]. В это же время был опубликован список сорняков и составлены схематические карты их ареалов. Первый определитель сорняков вышел в свет в 1937 году под редакцией Е.И. Бордзиловского [1,2].

В 1920-1930 годах начинается систематическое изучение адвентивных растений. основоположником изучения массового переселения видов адвентивной флоры, связанного с хозяйственной деятельностью человека, следует считать М.И. Котова, посвятившим этому вопросу серию статей. Ему же принадлежат первые, хотя и схематические, сводки адвентивной флоры. Следует отметить, что они весьма не полные, в них вошло около 10 % установленного ее современного состава. Они не только провели ряд наблюдений, но и выяснили пути и способы расселения адвентивных растений. Несмотря на содержательные работы первых исследователей это направление долгое время не получило должного развития и ограничивалось публикациями флористических находок. Однако материал накапливался, но анализу не подвергался. Глубоко изучались только сравнительно небольшие группы наиболее злостных сорняков. Классификацией синантропных растений занимались многие авторы Протопопова В.В., Вьюкова Н.А. и другие [1,2].

Полученные сведения об экобиологических особенностях этих видов послужили основой для разработки агротехнических, химических и биологических способах борьбы с сорняками. Совершенно не освещались вопросы о преобразовании флоры под действием антропогенного фактора [5]. Начало всесоюзному изучению региональных адвентивных флор республики было положено работами крымских ботаников. Начиная со второй половины XX века, исследователями впервые была охвачена в полном объеме синантропная флора на территории всей республики, что позволило изучить закономерности ее развития и более глубоко осмыслить изменения, происходящие в спонтанной флоре под влиянием антропогенного фактора.

Последние два десятилетия исследования отдельных групп антропофильных растений заметно оживились. Расширился круг изучаемых вопросов, тем не менее, по прежнему преобладали флористико-систематические исследования, развивается новая отрасль ботаники – промышленная ботаника, изучающая проблемы рекультивации техногенных ландшафтов, продолжается изучение сорных растений агрофитоценозов, однако особое внимание уделяется поиску новых методов защиты сельскохозяйственных культур от сорняков.

Виды синантропные антропохорные, распространяемые человеком, появление которых связано с деятельностью человека, делятся на две большие группы: виды, сознательно культивируемые человеком для каких-либо определенных целей и виды сор-

ные, распространяемые человеком помимо его воли. Обе эти группы должны учитываться при описании растительности и включаться во флористические списки [1]. Синантропная флора подразделяется на две основные фракции: апофиты и адвентивные растения. Соотношение суммы видов, относящихся к этим фракциям, которое сложилось в процессе исторического развития, является важной чертой синантропной флоры любого региона, характеризующей степень ее синантропизации. К апофитам относятся аборигенные виды, полностью или частично переселившиеся на антропогенное местообитание. Неустойчивые апофиты, представляют случайный антропофобный элемент антропогенных местообитаний. Состав их обычно разнороден и специфичен для флоры любого региона [4]. Адвентивные виды расселяются с человеком. Соотношение аборигенной и адвентивной фракций, сложившихся в процессе исторического развития, является важной чертой синантропной флоры любого региона, и его следует использовать для характеристики синантропных флор.

Натурализация как процесс приспособления организмов ко всем новым природным условиям играет существенную роль для обогащению местной флоры новыми видами. По степени натурализации в растительном покрове выделяют группы: агриофиты — приспособившиеся к естественным или частично измененным условиям; эпекофиты — виды, натурализовавшиеся во вторичных местообитаниях; эргазиофиты — виды культивируемых или одичавших растения возле мест обитания человека; эфемерофиты — иногда появляющиеся и быстро исчезающие растения, не дающие потомства вследствие невозможности приспособиться по каким-либо причинам к местным условиям.

На характере натурализации сказывается временной фактор частоты и размеров изменений окружающей среды под антропогенным воздействием и, наконец, чисто случайные причины, определившие занос растения в местность с благоприятной или неблагоприятной экологической обстановкой. В зависимости от адаптационных возможностей вида, а также от реализации отмеченных выше условий каждый вид адвентивной флоры региона достигает определенной степени натурализации в данной местности.

Таким образом, процессы синантропизации и натурализации играют существенную роль в увеличении биологического разнообразия и одновременно могут быть причиной снижения видового разнообразия путем вытеснения видами, относящихся к числу карантинных. Экологическая положительная сущность синантропизации флоры заключается в сохранении устойчивых антропогенных форм и видов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баздырев Г.И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии: Учеб. пособие для студентов вузов по агр. спец. / Г.И. Баздырев, Л.И. Зотов, В.Д. Полин. — М.: Изд-во МСХА, 2004. — 287 с.
2. Высоцкий Г.Н. О глубокопочвенном (полнопочвенном) почвоведении // Почвоведение. — 1934. — № 6. — С. 840.
3. Луговской А.М. Карантинная и синантропная флора культурных фитоценозов/Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы VII Межд. научно-практич. конф. — Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский гос. технический университет», 2022 — С.403-407
4. Луговской А.М. Синантропная флора культурных фитоценозов г. Воронежа // Межд. научно-практич. конф. «Химия, экология и рациональное природопользование» (г. Магас, 21-23 октября 2021 г.). — Махачкала: АЛЕФ, 2021 — С. 138-141.
5. Мысник Е.Н., Лунева Н.Н. Соколова Т.Д. Видовое разнообразие сорных растений местообитаний разного типа на территории Ленинградской области // Вестник за-

щиты растений. – 2015. – № 1. – С. 54–57.

6. Сорные растения и меры борьбы с ними. Коллектив авторов: Е.П. Денисов, А.П. Царев, В.Ф. Кульков, А.П. Солодовников, А.В. Летучий, К.Е. Денисов. Электронная библиотека TheLib.Ru 2006–2017. – URL: http://thelib.ru/books/avtorov_kollektiv/sornye_rasteniya_i_mery_borby_s_nimi_uchebnoe_posobie-read.html. (дата обращения: 20.06.2024).

7. Шмальгаузен И.Ф. Флора Юго-Западной России, то есть губерний: Киевской, Волынской, Подольской, Полтавской, Черниговской и смежных местностей. Руководство для определения семенных и высших споровых растений. – Киев: тип. С. В. Кульженко, 1886. – XLVIII + 783 с.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ ХВОЙНЫХ КРУПНОМЕРОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

В.В. Мазур
vvmazur@list.ru

*Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия*

Климат в городе Воркута характеризуется морозными зимами и прохладным, коротким летом. Не вызывает сомнения факт, что ключевым геоэкологическим фактором, ограничивающим приживаемость хвойных крупномеров на Крайнем Севере, является климат (многомерзлотные почвы, низкие температуры, частые перепады температур, бураны, длительный снеговой покров и низкая биологическая продуктивность ландшафтов). Целью настоящей работы было изучение геоэкологических факторов, влияющих на приживаемость хвойных крупномеров в условиях г. Воркута на примере ели обыкновенной (*Picea abies* (L.)).

Предварительно было проведено исследование по выявлению видовых характеристик хвойных крупномеров с высокой приживаемостью в г. Воркута. Сравнительная оценка проведена среди наиболее популярных видов хвойников по следующим характеристикам: места обитания, требования к почвам, морозостойкость и скорость роста выбранных пород.

Таким образом, среди хвойных растений наиболее подходящим видом для посадки в условиях крайнего севера является Ель обыкновенная, или европейская – *Picea abies* (L.) и Лиственница сибирская – *Larix sibirica* Ledeb. Однако, декоративность лиственницы значительно ниже, за счет того, что в зимний период происходит сбрасывание хвои.

В августе 2023 году ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина» была выполнена работа по высадке в г. Воркута более 100 крупномеров ели обыкновенной и 5 – сосны обыкновенной высотой 2,0-3,0 м. Сосны были высажены с целью подтверждения литературных данных о невозможности произрастания указанных деревьев в условиях вечной мерзлоты. Для посадки в условиях города Воркута были выбраны взрослые деревья с хорошо развитой кроной и корневой системой, высотой от 2 метров и достаточно толстым стволом (от 4 см и более) [1]. При посадке деревьев в городе Воркута был использован посадочный материал, который выращен в Уральском регионе, в подзоне северной тайги Пермского края [2]. Поскольку для крайнего Севера сроки посадки деревьев имеют свою специфику, зависящую от сроков теплого периода года, то для пересадки рас-

тений был выбран раннеосенний период [4].

При посадке растений были выполняться следующие требования: саженцы были с комом земли, упакованным в жесткую тару, разрыв во времени между выкапыванием посадочного материала и его посадкой был минимальным; для пересадки были выбраны прохладные пасмурные дни; кроны растений при перевозке были связаны и укрыты от высушивания. Размер посадочной лунки был в 1,5-2 раза больше, чем размер земляного кома саженца [3]. Для того, чтобы деревья сохранили вертикальное положение, деревья закрепляли растяжками или другими укреплениями.

Следует отметить, что растения высаживались в техногенный грунт, представляющий из себя отлежавшийся угольный шлам АО «Воркутауголь», либо торф из местных залежей.

Для исследования приживаемости саженцев ели обыкновенной были выбраны 2 территории: Парк победы и центральная часть города. Почвы парка Победы подзолистые с примесью остатков угольного шлама. Растительность парка представлена отдельными березами, которые имеют искривленный ствол и редкую крону. Центральная часть города, где были высажена большая часть крупномеров является типичной городской средой. Древесная растительность представлена ивняками.

По больше части почвы города Воркута представлены подзолами с добавлением угольного шлама. Однако, на некоторые участки был завезен местный глубинный торф. Особенности почв выбранных участков представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика подстилающей поверхности в местах высадки крупномеров

№ п/п	Наименование	Описание
1.	Парк Победы	подзол с примесью остатков угольного шлама
2.	ул. Гагарина	подзол с примесью остатков угольного шлама
3.	справа от стелы	подзол с примесью остатков угольного шлама
4.	слева от стелы	подзол с привезенным торфом
5.	напротив Олимпа	свежий угольный шлам
6.	перед зданием Воркутауголь	отлежавшийся торф
7.	справа от входа и за зданием Воркутауголь	подзол с примесью остатков угольного шлама

Обследование посадок ели обыкновенной через 2 месяца показало следующие изменения в состоянии высаженных хвойников:

- 3,33% елок имели выгнутый ствол (изменение геометрии ствола скорее всего произошло при транспортировке);

- 2,5% елок имели пожелтевшую или бурую хвою, что однозначно говорит о проблемах в состоянии растения;

- у 1,6% елок обнаружена сломанная макушка.

Таким образом у 7,4% елок наблюдались нарушения, которые могут повлечь снижение устойчивости деревьев для длительного зимнего периода. В первые месяцы после высадки выживаемость саженцев составила более 92,6%. Также отмечено, что в первые месяцы состояние саженцев не зависело от характера почв.

У саженцев сосны обыкновенной к моменту исследования пожелтела и осыпалась хвоя практически на всех деревьях, что подтверждает факт, что сосна не приспособлена для произрастания в условиях вечномерзлотных почв.

В результате изучения геоэкологических условий, влияющих на приживаемость хвойных крупномеров в условиях г. Воркута на примере ели обыкновенной выявлено, что подстилающая поверхность в местах высадки крупномеров в основном представлена искусственными техногенными грунтами, сформированными из угольного шлама. В первые 2 месяца после посадки негативного влияния грунта на саженцы не выявлено. Однако, нужно учитывать, что этот период является слишком коротким для полноценной оценки долгосрочных последствий. Необходимо проводить регулярные наблюдения за состоянием растений в течение нескольких лет, чтобы получить более полную картину.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Г.Н., Казаков Л.А., Корабельникова О.А., Ложевская Л.И., Чуркина Т.И. К проекту промышленного ассортимента растений для озеленительных и лесных питомников Мурманской области // Агротехника декоративных растений на Севере. – Апатиты, 1988. – С.28–40.
2. Гонтарь О.Б., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н., Жиров В.К. Этапы создания и анализ особенностей ассортимента декоративных древесных растений для оптимального озеленения урбанизированных территорий Кольского Севера // Вестник МГТУ. – 2011. – Т. 14, №3. – С. 577-582.
3. Демидова Н.А., Дуркина Т.М. Каталог коллекции древесных растений дендрологического сада им. В.Н. Нилова федерального бюджетного учреждения «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства». 3-е издание, измененное и дополненное / Отв. ред. Н.А. Демидова. – Архангельск, 2013. – 142 с.
4. Скупченко Л.А., Мишуров В.П., Волкова Г.А., Портнягина Н.В. Интродукция полезных растений в подзоне средней тайги Республики Коми (Итоги работы Ботанического сада за 50 лет). – СПб.: Наука, 2003. – Т. III. – 214 с.

БИОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ КАЛЬЦЕФИТНОГО ВАРИАНТА СТЕПИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Мирошникова
nastya.miroshnikova.97@mail.ru

Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Проблема изучения и сохранения биоразнообразия – одна из самых актуальных на современном этапе развития общества. Степь является исчезающим биомом Земли, а ее кальцефитный вариант, который характеризуется наличием эндемичных, редких и исчезающих видов, имеющих связь с горными растениями Средиземноморья, Кавказа, Средней Азии, несомненно заслуживает особого внимания.

Наиболее полной флористической сводкой по изучению флоры меловых обнажений на территории Воронежской области является монография К.Ф. Хмелева, Т.И. Кунаевой [5]. Однако в богатом литературном наследии по данной теме до сих пор нет однозначного ответа на вопросы об избирательной экологической приуроченности меловиков, их генезисе, что необходимо знать для разработки оптимальных путей их сохранения.

Меловые породы, на которых сформировался экологический вариант меловой степи, в пределах Воронежской области выходят на поверхность в бассейне Дона на

территории 16 административных районов общей площадью 26398,32 км² (рис. 1).



Рис. 1. Изучаемые территории административных районов Воронежской области [1]

В результате анализа литературных источников и собственных флористических исследований, установлено произрастание 397 видов растений из 51 семейства, включающих 233 сопутствующих и 164 кальцефильных. В состав последних входят 39 облигатных и 125 факультативных видов. Ведущими являются 8 семейств (рис. 2).

Флора изучаемых меловых обнажений имеет связь с евразиатской.

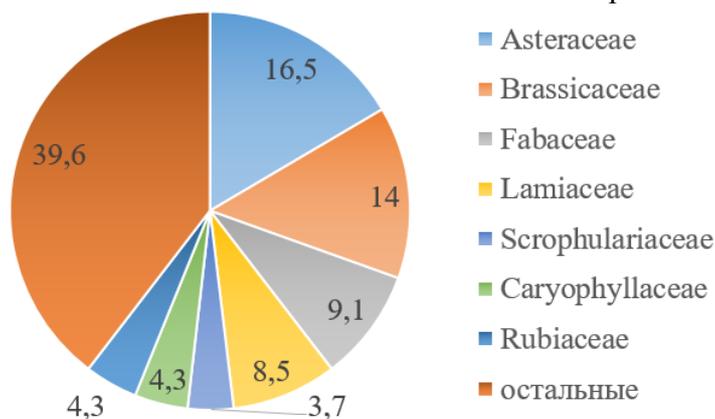


Рис. 2. Ведущие семейства флоры меловых обнажений Воронежской области, %

Согласно биоморфологическому анализу, для флоры изучаемых меловых обнажений характерны такие жизненные формы как полукустарники, полукустарнички, стержнекорневые многолетники и ряд других, что отличает ее от зональной и приближает к пустынной и горно-аридной.

Фитоценотический анализ флоры указывает на доминирование степной эколого-ценотической группы растений.

Результаты географического анализа показали наличие значительного количества геоэлементов номадийского, средиземноморского и эндемичного типов (рис. 3).

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что виды с широким распространением, относящиеся к другим типам геоэлементов, существенного значения в сложении флоры мелов не принимают.

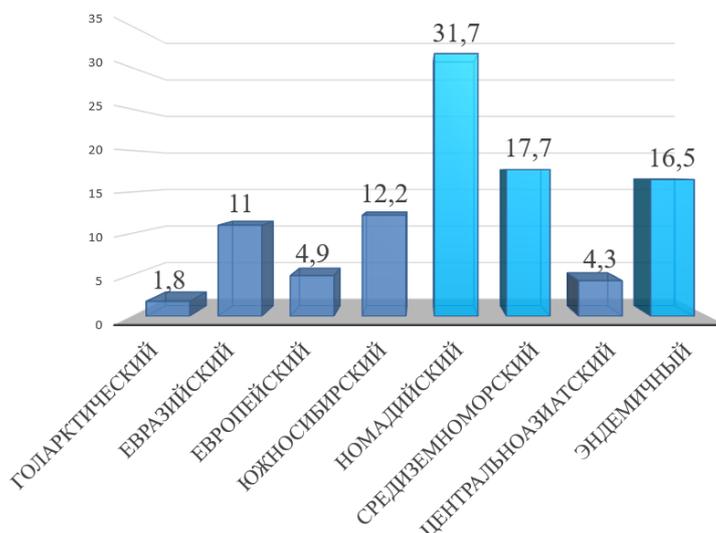


Рис. 3. Типы геоэлементов флоры меловых обнажений Воронежской области, %

Биоморфологическая оценка кальцефилов позволяет увидеть их узко локальное неравномерное пространственное размещение не только по меловым обнажениям в пределах Воронежской области, но даже в пределах одного склона.

Так, в урочище Голик Каменского района на одном склоне были выделены разные типы почв, которые характеризуются разными растительными сообществами. Аналогичная ситуация наблюдается и в Калачеевском районе.

Отмечено, что сосредоточение редких облигатных кальцефилов, как правило, наблюдается в средней части склона (микрizona С), и к этой же части склона обычно приурочен и плотный мел.

В связи с этим, чтобы объяснить специфику как самой меловой флоры, так и ее пространственного размещения, считаем важным рассмотреть роль эдафического фактора. Необходимо выявить в составе мела приоритетные химические элементы, влияющие на экологическую приуроченность кальцефилов.

Предполагаем, что облигатные кальцефилы могут выступать индикаторами растительных сообществ, а почвы, в свою очередь, могут являться индикаторами наличия редких растений.

Такой подход анализа выявления связи между почвами и редкими растениями необходимо знать при организации ООПТ для построения экологического каркаса Воронежской области.

Для разработки режимов природопользования важной составляющей является знание о жизненности меловиков.

Попытка показать жизненность кальцефилов сделана для 10 изучаемых видов урочища Кругленькое Кантемировского района (*Hyssopus cretaceus* Dubjan., *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill., *Scabiosa isetensis* L., *Hedysarum ucrainicum* Kaschm., *Artemisia hololeuca* M. Bieb. ex Besser, *Matthiola fragrans* Bunge, *Silene cretacea* Fisch. ex Spreng., *Artemisia salsoloides* Willd., *Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng., *Hedysarum grandiflorum* Pall.). Для оценки были использованы количественные признаки. Численность ценопопуляции – чуткий индикатор экологических и фитоценологических условий. Для каждого

из видов даются сведения о статусе, экологии и биологии, лимитирующих факторах, мерах охраны, карта ареала в пределах Воронежской области и морфометрические показатели популяции (табл. 1). Для примера приводится характеристика популяции норичника мелового (*Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng.) с отражением сведений, принятых в списках Красных книг РФ и Воронежской области.

Характеристика популяции *Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng.

Статус. Редкий вид. Донецко-донской эндемик. Входит в списки Красных книг РФ [3] и Воронежской области [2].

Таблица 1

Морфометрические показатели популяции *Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng

Высота генеративных побегов в см			Высота вегетативных побегов в см		
max	min	средн.	max	min	средн.
50	14	39	39	17	19
46	10	31	35	14	25
42	8	19	31	11	19
Число генеративных побегов в кусте			Число вегетативных побегов в кусте		
max	min	средн.	max	min	средн.
35	14	25	15	7	11
29	12	19	13	5	10
26	9	17	12	3	8
Размер куртин в см					
max		min		средн.	
44*29		10*7		27*20	

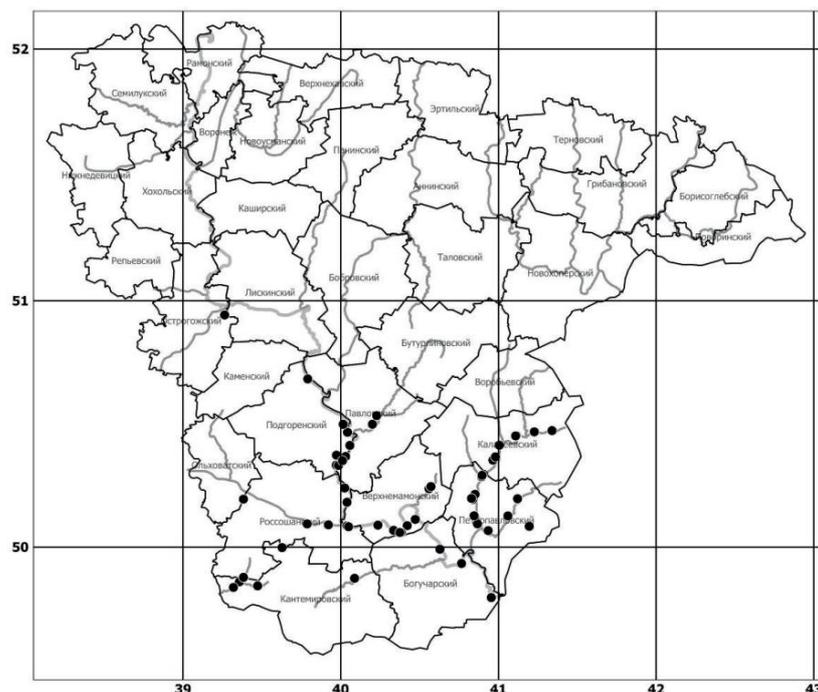


Рис. 4. Распространение *Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng. по территории Воронежской области [4]

Распространение. Произрастает на Украине в бассейне Северского Донца и в Рос-

сии в бассейне Дона в Белгородской, Воронежской (рис. 4), Ростовской, Волгоградской и Саратовской областях.

Экология и биология. Растет исключительно на меловых обнажениях, не имеющих почвенного покрова. Обычно приурочен к рыхлым, крупнощебнистым и подвижным меловым осыпям, предпочитая склоны южной экспозиции.

Лимитирующие факторы. Нарушение местообитаний добычей мела. Исчезает по мере зарастания меловых осыпей, но вновь поселяется на чистом мелу.

Необходимые меры охраны. 1) изучение биологии вида в условиях области; 2) поиск новых местонахождений; 3) организация ООПТ.

Только многофункциональный подход изучения кальцефильного фиторазнообразия позволит выявить особенности меловой флоры Воронежской области и разработать меры охраны редкого фиторазнообразия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьевская А.Я. Флора меловых обнажений на территории Воронежской области / А.Я. Григорьевская, Д.Р. Владимиров, А.С. Субботин, А.А. Мирошникова, В.Ю. Щербакова // Материалы межрегиональной научной конференции «Флора и растительность Центрального Черноземья-2024» (Заповедный, 20 апреля). – Курск, 2024. – С. 17-20.

2. Красная книга Воронежской области: в двух т. Том 1: Растения. Лишайники. Грибы / под ред. В.А. Агафонова. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. – 416 с.

3. Красная книга Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Москва. – 2023. – Режим доступа: <https://www.plantarium.ru/page/redbook/id/326.html> (дата обращения: 30.05.2024).

4. Охраняемые сосудистые растения Воронежской области / А.В. Щербаков, А.Я. Григорьевская, Д.Р. Владимиров, А.С. Субботин, А.А. Мирошникова, О.В. Якименко, С.Н. Фатин. – Воронеж: Цифровая полиграфия, 2021. – 445 с.

5. Хмелев К.Ф. Растительный покров меловых обнажений бассейна Среднего Дона / К.Ф. Хмелев, Т.И. Кунаева. – Воронеж, 1999. – 214 с.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ФИТОРЕМЕДИАЦИИ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ИЛОВЫМИ СТОКАМИ ЗЕМЛЯХ

О.И. Родькин, Н.В. Емельяненко
aleh.rodzkin@rambler.ru

*Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, Беларусь*

Техногенные почвы являются составной частью класса антропогенных почв и к ним относятся почвы, находящиеся в зонах воздействия предприятий топливно-энергетического комплекса, а также образовавшиеся в результате размещения промышленных отходов и осадков сточных вод.

Эффективное и рациональное использование техногенных почв, образовавшихся на местах складирования (захоронения) осадков сточных вод является одной из наиболее актуальных проблем как для Республики Беларусь, так и зарубежных стран.

В Республике Беларусь на 2024 год эксплуатируется более 200 сооружений биологической очистки городских сточных вод различной производительности. В результате, ежегодно образуется более 50 тыс. тонн осадков сточных вод в пересчете на сухое вещество, а масса образующегося влажного осадка в среднем составляет около 0,7 млн. тонн в год. Хозяйственно-бытовые сточные воды и осадки сточных вод обуславливают выделение вредных веществ в атмосферный воздух, а также интенсивное загрязнение почвенных и водных систем [1]. Поэтому их утилизация должна проводиться с учетом требований охраны окружающей среды. В этой связи, особенно актуальной является оценка содержания в осадках сточных вод соединений способных аккумулироваться в биологических системах. К таким соединениям относятся тяжелые металлы. Некоторые тяжелые металлы, участвуют в биологических процессах, в тоже время, ряд тяжелых металлов оказывая вредное воздействие на организм человека, в том числе вызывают ряд заболеваний. Особенно опасны тяжелые металлы, не имеющие полезных функций в биологических процессах, такие как свинец, кадмий и ртуть.

Оценивая эффективность методов рационального использования и утилизации осадков сточных вод, необходимо учитывать те их свойства, которые могут быть использованы в хозяйственно-полезных целях. Осадки сточных вод содержат значительное количество соединений, которые могут быть использованы растениями. Из них основными элементами питания растений являются азот, фосфор и калий.

Сами по себе осадки сточных вод, которые отправляются на захоронение (складирование) на иловые площадки предприятий после очистки на специальных сооружениях не являются почвами. Трансформация или преобразование их в техногенные почвы может произойти или после длительного периода хранения, или в результате применения технологий, ускоряющих данный процесс. Эффективность образования техногенных почв непосредственно зависит не только от агрохимических, но и агрофизических свойств осадков сточных вод.

Методы дезактивации загрязненных территорий (почв) можно разделить на следующие виды: механические, физические (безреагентный), физико-химические (с применением реагентов), электрокинетические и биологические. Механические и химические способы дезактивации обладают серьезными недостатками: они снижают плодородие почв, либо ухудшают их физические и химические свойства [2]. С этой точки зрения значительные перспективы имеют биологические методы дезактивации, к которым относится фиторемедиация [3].

Название метода происходит от греческого "фитон" (растение) и латинского "ремедиум" (восстанавливать), и он основан на том, что многие виды растений способны накапливать загрязнители в биомассе и в результате их содержание в тканях и органах растений может в десятки и даже сотни раз превышать содержание в окружающей среде (почве). Соответственно, состояние окружающей среды будет постепенно улучшаться, и способность почв к воспроизводству хозяйственно-полезной продукции восстанавливаться. Скорость восстановления будет тем выше, чем быстрее растение способно аккумулировать загрязнители. В настоящее время методы фиторемедиации можно использовать для восстановления почв загрязненных свинцом, кадмием, ртутью и другими тяжелыми металлами, мышьяком, органическими загрязнителями, радионуклидами и т.д. [4].

Принципиально важным фактором для фиторемедиации является возможность дальнейшего безопасного использования или утилизации биомассы. Так, одним из направлений является фитоэкстракция, которая предусматривает использование растений гипер-аккумуляторов, способных быстро и в высоких концентрациях накапливать загрязнители в биомассе. В этой случае биомасса может не только утилизироваться или

сжигаться, но и поступать на переработку с целью извлечения ценного сырья, например, меди, никеля и других металлов. Такой подход требует применения высокотехнологичных методов для экстракции полезных элементов из биомассы с учетом экономической рентабельности, что является трудноосуществимым на практике. Так, в целях фиторемедиации используют растения с высокой сорбционной способностью, в том числе амарант и бобовые травы. Как показывают результаты экспериментов, посев таких культур позволяет ежегодно снижать содержание в почве тяжелых металлов или радиоактивных элементов (стронций, цезий, торий) [5]. Но при этом биомасса просто утилизируется вследствие высокого уровня загрязнения.

Хороший потенциал в качестве растений гипер-аккумуляторов имеют растения семейства крестоцветных, как дикорастущих, так и культурных видов. В этом случае опять же остается вопрос эффективного использования загрязненной биомассы. Очевидно, что культурные овощные растения, например капуста не могут применяться в качестве продуктов питания, если они выращены на загрязненной территории. Достаточно эффективным накопителем являются рапс и подсолнечник. Но дальнейшее использование полученного из их семян масла может быть для технических, но не пищевых целей. Также для продовольственных целей нельзя использовать бобы фасоли, выращенной на загрязненных территориях. Одним из вариантов использования растений накопителей, особенно бобовых трав (клевер, люцерна) является запашка биомассы.

Таким образом, при оценке эффективности фиторемедиации надо учитывать ряд экологических и экономических факторов. Активная аккумуляция загрязнителя и высокий уровень его содержания в биомассе в сочетании с интенсивным ростом культуры обеспечит быстрые темпы дезактивации почв. Но если биомассу нельзя использовать, то ее экологически целесообразная утилизация сопряжена с дополнительными экономическими затратами. В противном случае, например, при запашке биомассы ее захоронении на полигонах или сжигании речь идет только о перераспределении загрязнителей в экосистемах.

В связи с этим более целесообразным и широко используемым является второе направление фиторемедиации, сфокусированное на постепенной рекультивации почв и очистке их от металлоидов, нефтяных углеводородов, остатков пестицидов, радионуклидов и ряда промышленных побочных продуктов. Эти загрязнители сложно извлечь для дальнейшего использования в качестве вторичных материальных ресурсов. Возможность безопасного использования биомассы определяется целевым назначением продукции (продукты питания, корма, препараты) и уровнем содержания в ней загрязнителя. С этой точки зрения относительно невысокая скорость аккумуляции загрязнителей в продукции позволяет менее интенсивно, но неуклонно очистить почву и рационально использовать выращенную биомассу. Одним из направлений, отвечающих таким требованиям, является выращивание «энергетических» культур, биомасса которых может быть использована как возобновляемый источник [6]. Такая тенденция обусловлена не только постепенным и обоснованным снижением доли ископаемого топлива в энергобалансе планеты, но и требованиями по сокращению выбросов парниковых газов, основным источником которых является энергетика. Особенно перспективным представляется использование быстрорастущих древесных энергетических культур. Для умеренной климатической зоны наиболее оптимальными для этих целей являются быстрорастущие сорта ивы, которая отличается высокими темпами накопления биомассы и может использоваться в энергетических, а не продовольственных целях [7]. Оценка перспективы использования растений ивы для выращивания на загрязненных иловыми стоками почвах проводилась в наших исследованиях.

Методика исследований

Вегетационный эксперимент был заложен в двух блоках и проводился для решения следующих задач:

- Экспериментальная оценка перспективы использования почвенных субстратов на основе осадков сточных вод различного происхождения в условиях вегетационного эксперимента.

- Экспериментальная оценка перспективных видов и сортов растений рода ива для выращивания на техногенных почвах на основе осадков сточных вод.

Для решения первой задачи использовались следующие почвенные субстраты на основе осадков сточных вод:

Образец № 1. Твердые осадки (кек) пятого и выше года складирования на иловых прудах после предварительной подготовки и обезвоживания. Кек это обезвоженный осадок сточных вод, извлекаемый из фильтр-прессов или аналогичных устройств и обычно содержащий от 25% до 35% твердого вещества [1].

Образец № 2. Твердые осадки, образовавшиеся на песколовках в результате осаждения и после дополнительной сепарации.

Согласно рабочей гипотезы оптимизация агрохимических и агрофизических характеристик почвенного субстрата может быть обеспечена при смешивании образцов. Для экспериментальной проверки данной гипотезы эксперимент включал следующие варианты опыта.

- Вариант 1. Образец № 1
- Вариант 2. Образец № 2
- Вариант 3. Смесь образец № 1 и образец № 2 в соотношении 50:50 %
- Вариант 4. Смесь образец № 1 и образец № 2 в соотношении 25:75 %
- Вариант 5. Смесь образец № 1 и образец № 2 в соотношении 75:25 %

Коэффициенты биологического накопления загрязнителей определялись для оценки потенциала сортов ивы на почвенном субстрате двух типов. Выполнена оценка содержания ряда тяжелых металлов (кадмий, цинк, хром, свинец, никель) в биомассе растений ивы на двух типах почвенных субстратов на основе осадков сточных вод (кек пятилетней экспозиции) и песок после сепарации. Установлены коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов в биомассе ивы на субстратах двух типов. Для этой цели использовались субстрат из несмешанного кека и несмешанного песка.

Объектом исследования служили перспективный сорт энергетической ивы шведской селекции Inger и три сорта ивы включенных в национальный Реестр Республики Беларусь (Бачка, Волмянка, Дрина).

Результаты. Результаты анализ содержания тяжелых металлов в субстратах представлены в таблице 1.

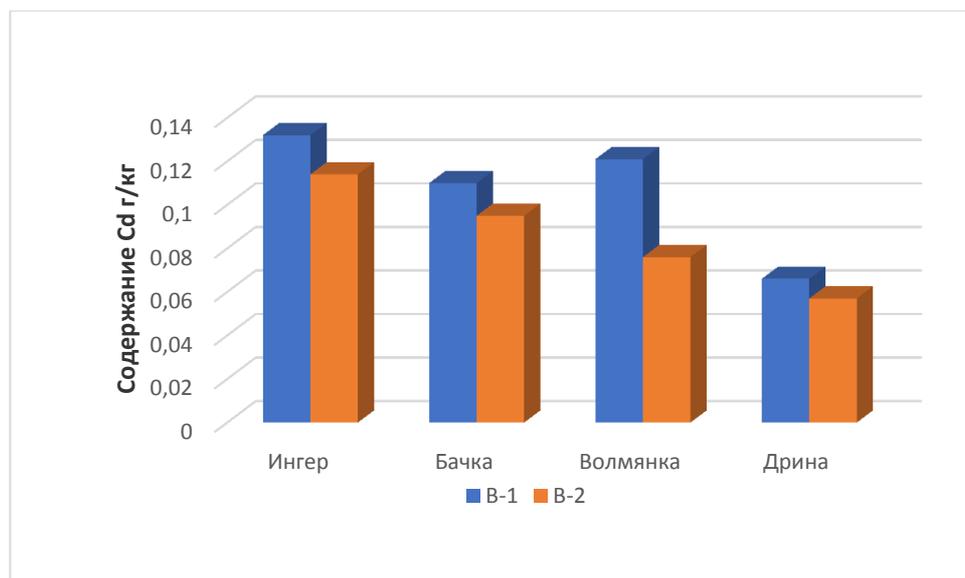
Таблица 1

Результаты анализа содержания тяжелых металлов в твердых осадках, складированных на иловых площадках хранения очистных сооружений

№ п/п	Наименование определяемого вещества, показателя	Единица измерений	Фактическое значение определяемого вещества	
			Кек	Песок
1	Содержание кадмия	г/кг сухого в-ва	2,0	2,3
2	Содержание свинца	г/кг сухого в-ва	15,6	21,2
3	Содержание никеля	мг/кг сухого в-ва	17,4	55,0
4	Содержание хрома*	мг/кг сухого в-ва	44,0	38,4
5	Содержание цинка	мг/кг сухого в-ва	410,0	832,5

* трехвалентный хром.

В соответствии с результатами содержания тяжелых металлов в биомассе растений можно констатировать наличие сортовой специфичности к накоплению тяжелых металлов на почвенных субстратах на основе твердых осадков сточных вод. Более низкие показатели содержания, например для кадмия, установлены для сорта Дрина (рис. 1). Такие же тенденции получены для свинца, никеля и хрома.



Примечание: В-1 (кек); В-2 (песок).

Рис. 1. Содержание кадмия в фитомассе сортов ивы на субстратах: кек и песок

А наиболее интенсивная аккумуляция тяжелых металлов наблюдалась у сорта Ингер, который относится к сортам интенсивного типа, то есть отличается быстрыми темпами роста.

В соответствии с полученными результатами можно констатировать наличие сортовой специфичности к накоплению тяжелых металлов на почвенных субстратах на основе твердых осадков сточных вод. Также наблюдается зависимость содержания тяжелых металлов от типа субстрата. Более интенсивное накопление кадмия и хрома имело место на субстрате кек, а свинца никеля и цинка на субстрате – песок. По результатам исследований были рассчитаны коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов (КБН). КБН представляет собой отношение содержания элемента в фитомассе растений к его содержанию в почве (субстрате). Установлено, что коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов также зависят от сорта растений. Наиболее низкие коэффициенты биологического накопления характерны для сорта Дрина.

Заключение.

В результате экспериментальных исследований показана возможность культивирования растений ивы для получения продукции (биомассы) на техногенных почвах, загрязненных иловыми стоками. Установлено, что перспективным направлением является выращивание энергетической ивы, растения которой отличаются быстрыми темпами роста и незначительно накапливают тяжелые металлы в биомассе;

Установлена зависимость морфометрических показателей растений ивы от почвенных субстратов на основе осадков сточных вод различной структуры. Наиболее оптимальным для практического использования является субстрат, состоящий из смеси кека (75%) и песка (25%);

Рассчитанные показатели биологического накопления позволяют прогнозировать

содержание тяжелых металлов в биомассе растительной продукции и возможности ее использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обработка осадка сточных вод: полезный опыт и практические советы // Проект по городскому сокращению эвтрофикации (Project on Urban Reduction of Eutrophication), PUR. – 2012. – 125 с.
2. Александрова Ж.Н. Методика оценки перспектив фиторемедиации радиоактивно загрязненных почв / Ж.Н. Александрова // Вестник НЯЦ РК. – 2018, 4. – С. 79-82.
3. Митаев М.И. Фиторемедиация загрязненных почв на урбанизированных территориях (на примере г. Грозный) / М.И. Митаев, М.Б. Джантаева // Известия чеченского государственного университета, 2018. – 3 (11). – С. 64-68.
4. Фиторемедиация как способ очищения почв, загрязнённых тяжёлыми металлами. Н. А. Киреева, А. С. Григориади, Ф. Я. Багаутдинов // Теоретическая и прикладная экология. – 2011. – №3. – С. 4-9.
5. Фиторемедиация токсических почв. Бекузарова С.А., Ханиева И.М., Азубеков Л.Х. // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 12. – С. 345-352.
6. The assessment of cost of biomass from post-mining peaty lands for pellet fabrication / A. Rodzkin, S. Kundas, Y. Charnenak, B. Khroustalev, W. Wichtmann // Environmental a. Climate Technologies. – 2018. – Vol. 22, № 1. – P. 118–131.
7. Urošević, J.; Stanković, D.; Jokanović, D.; Trivan, G.; Rodzkin, A.; Jović, Đ.; Jovanović, F. Phytoremediation Potential of Different Genotypes of *Salix alba* and *S. viminalis*. Plants. – 2024, 13, 735.

РОССИЙСКОЕ УЧЕНИЕ СТАРОЖИЛОВА О НООЛАНДШАФТОСФЕРЕ – ПРИОРИТЕТНАЯ ОСНОВА РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БИОГЕОГРАФИИ, РАСТЕНЕВОДСТВА, ГЕОГРАФИИ ПОЧВ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ

В.Т. Старожилов, А.А. Кудрявцев, О.И. Степанов
Starozhilov.vt@dvfu.ru

*Дальневосточный Федеральный университет ИМО, Тихоокеанский международный
ландшафтный центр, кафедра почвоведения, г. Владивосток, Россия*

Введение. В учении о нооландшафтосфере, разработанного Старожиловым в Дальневосточном федеральном университете, и рассматривающего фундамент практик освоения планеты Земля важнейшее место занимает выделяемая нами нооландшафтосфера. Новая сфера представляет собой новую геологическую оболочку, сложенную ландшафтными телами и представляющая собой природный объект освоения человечества. При этом нооландшафтосфера рассматривается как сложное пространственно-временное динамическое природное тело элементов неорганической и органической природы, возникающее в результате взаимопроникновения, взаимообусловленности и взаимодействия различных геосфер и сформированная в результате их вещественных, энергетических и информационных потоков. Она представляет собой слой сравнительно небольшой толщины, равной вертикальной мощности ландшафтов. Структурными элементами этой сферы являются ландшафты. При этом под ландшафтом нами понимается природное тело, имеющие высотную (верхнюю), глубинную (нижнюю) и горизонталь-

ную (площадную) границы, с внутренним содержанием взаимосвязанных, взаимообусловленных и взаимопроникающих друг в друга компонентов (вещественные комплексы литосферы, рельеф, климат, воды, почвы, растительность, биоценозы) с дифференциацией, подчиняющейся высотной и широтной зональности, и организованных ответственными за них орогеническим, орографическим, климатическим, фитораствительным, биологическим факторами в определенных зональных и азональных условиях в каждый момент своего существования.

В настоящей работе нами на основе многолетних геолого-географических, географических исследований и работы на кафедре почвоведения и организацией в ДВФУ агроландшафтного сектора впервые рассматривается новый инновационный подход к ландшафтным основам организации, планирования и развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения на основе применения междисциплинарного мышления и комплексного подхода к компонентам природы. Многолетними исследованиями природы (ландшафтов) установлено, что именно ландшафт (как природное тело) и в целом нооландшафтосфера является первоначальными объектами, фокусом и основой для гармонизированного с природой построения моделей биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения. При построении моделей проектировщики должны иметь материалы по природным основам освоения (ландшафтам) и только после их индикации, анализа и синтеза, оценки проводить работы по проектированию, планированию объектов развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения. *То есть первоначальным объектом внимания биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения является нооландшафтосфера и её составляющие природные тела (ландшафты). Они вовлекаются в оценку уже на первоначальном этапе планирования, внедрение новых технологий зависит от результатов оценки возможностей вовлечения ландшафтов в проектирование.* В целом выбор ландшафтных параметров, создание опорного ландшафтного «фундамента» пространственной организации на основе нооландшафтосферы и её ландшафтных структур, обеспечивающих достижение заявленных целей пространственного развития территорий представляют собой важное для развития общества особое ландшафтное научно-прикладное направление ландшафтопользование и по результатам научно-практических разработок ландшафтной школы профессора Старожилова ранее были выделено в особую востребованную при освоении территорий ландшафтную научно-прикладную парадигму деятельности общества. Была названа, так как связана с использованием природных тел, называемых ландшафтами, как парадигма «ландшафтопользование России». Она формулируется как создание опорного ландшафтного «фундамента» пространственной организации, обеспечивающей достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения в связи с освоением территорий, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний. В настоящей работе парадигма «ландшафтопользование России» рассматривается основой для построения нооландшафтосферы, которую предлагается применять как основу развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения.

Цель публикации: обосновать в Российской науке и практике применять учение Старожилова о нооландшафтосфере – фундаменте практик освоения планеты Земля – как основу развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения с использованием моделей научно-прикладной парадигмы

«ландшафтопользование России», обеспечивающих достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами освоения, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний.

Материалы и методы. Использовались материалы разработок по земледелию: «нооландшафтосфера фундамент практик земледелия планеты Земля» (библиот. 49611061), «Ландшафтопользование парадигма основа моделирования природного фундамента земледелия планеты Земля» (библиот. 49611059), «Ландшафтные структуры адаптации земледелия геосистемы «Восток России-мировой океан» (DOI: 10.35735/9785604701171_248), «Новый программно-целевой подход парадигмы ландшафтопользования к адаптации земледелия» (eLIBRARY ID: 48863915). Применялись материалы фундаментальных разработок «Учение Старожилова о нооландшафтосфере – фундаменте практик освоения планеты Земля», «Нооландшафтосфера», «Ландшафтопользование России». Кроме того, использовались материалы прикладных исследований и в том числе по изучению землеустройства, форфоронности, трансформации почв и др. [1–10].

Общей методологической основой моделирования, выделения и формулирования учения Старожилова о нооландшафтосфере как приоритетной основы развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения используется основа ландшафтного научно-прикладного направления, разработанная Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова, направленного на рациональное освоение и использование территорий, минимизацию глобальных и региональных последствий изменения природы и общества, поиск и внедрение инновационных подходов в устойчивом, экологически сбалансированном и безопасном развитии обширного региона.

При моделировании и выделении приоритетной основы используется методология новой ландшафтной стратегии к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан. Это, прежде всего, сформулированные базовые подходы к её разработке на основе современных, прогрессивных результатов ландшафтной научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», разработанной Дальневосточной ландшафтной школой профессора Старожилова.

Значимым является то, что в основу выделения приоритетной основы положены направленные на практическую реализацию ландшафтного подхода многолетние авторские полевые геолого-географические и географические научные и производственные исследования обширной территории окраинной зоны Востока России, которые в свою очередь включают полевые исследования Сихотэ-Алинской, Сахалинской, Камчатской, Анадырской ландшафтных областей.

Выделение учения о нооландшафтосфере как основы развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения определяется полученным фундаментальным результатом по ландшафтам континентального обрамления Тихого океана в системе ландшафт, вид, род, класс, тип, округ, провинция, область, пояс. Важно отметить, что именно с получением фундаментального результата по ландшафтам и их картографических разномасштабных документов появилась возможность анализировать ландшафтные модели, сравнивать их между собой и рассматривать их природным «фундаментом» и основой для построения гармонизированных с природой различных моделей биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения. Использование его при освоении в свою очередь повлекло многократное его использование, и чтобы сохранить их сопоставимость была проведена паспортизация внутренне-

го содержания ландшафтов и составлены документы на каждый ландшафт (паспорт).

Кроме того, в качестве доказательной базы определения приоритетной основы развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения взяты результаты исследования по районированию Тихоокеанского ландшафтного пояса. Используются результаты по ландшафтному районированию континентального и морского звена диалектической пары пояса геосистемы Восток России-Мировой океан. Выделены ландшафтные области, провинции и округа.

Результаты. Впервые в мире и России выделены и формулируются «Учение Старожилова о нооландшафтосфере» и «нооландшафтосфера» – фундамент практик освоения планеты Земля – как основа развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения с использованием моделей научно-прикладной парадигмы «ландшафтопользование России», обеспечивающих достижение заявленных целей пространственного развития с опорными узловыми ландшафтными структурами развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения в связи с освоением, выступающих источником изменений и размещения конкурентноспособных технологий, предприятий и компаний. В «Учении Старожилова о нооландшафтосфере» нооландшафтосфера сложена ландшафтами, внутреннее содержание которых включают такие компоненты как вещественные комплексы литосферы, тектонику, рельеф, климат, воды, почвы, растительность, биоценозы.

Установлена необходимость использования междисциплинарного мышления, междисциплинарного сопряженного анализа и синтеза межкомпонентных и межландшафтных связей с учетом данных по орогеническому, орографическому, климатическому, фиторастиельному, биогенному факторам формирования биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения.

Заключение. На сегодняшний день впервые в мире для Востока России и России в результате применения основ «Учения Старожилова о нооландшафтосфере» определены основы ландшафтного «фундамента» для практической реализации его в проведении ландшафтного развития инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения. Такой приоритетной основой по результатам исследований профессора Старожилова выделена и формулируется новая глобальная геологическая оболочка Земли, которую предложено называть нооландшафтосфера. Она представляет собой фундамент практик освоения планеты Земля. Использование моделей ландшафтного «фундамента» в ландшафтном развитии инновационных технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения поможет определить приоритеты и механизмы развития биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения, разработать меры по стимулированию его развития и приоритетные инфраструктурные проекты, необходимые для развития биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения Востока России и России в целом. Рекомендуются применять учение Старожилова о нооландшафтосфере не только для решения вопросов развития технологий биогеографии, растениеводства, географии почв, почвоведения локального уровня, но и глобального уровня по России и планете Земля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Старожилов В.Т. Вопросы землеустройства и землеустроительного проектирования / Гераськин М.М., Троицкий В.П., Нестерова О.В., Старожилов В.Т., Пилипушка В.Н. – Владивосток, 2009.
2. Старожилов В.Т. Человек и природа в социокультурном измерении: актуальные социально-экономические проблемы населения горняцких поселков / Леонинко

А.В., Старожилдов В.Т. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – №55. – С. 353-362.

3. Старожиллов В.Т. Уровни фосфоритонакопления Приморья // Фосфаты Дальнего Востока. – Владивосток, 1980. – С. 131-134.

4. Старожиллов В.Т. Потенциально фосфоритоносные формации Приморья // Геохимия и петрохимия осадочных комплексов Дальнего Востока. – Владивосток, 1980. – С. 100-108.

5. Старожиллов В.Т., Суржик М. М. Общее ландшафтоведение и использование ландшафтного подхода в экологическом мониторинге. – Уссурийск, 2014.

6. Старожиллов В.Т. Геохимия и рудоносность базитов и гипербазитов фундамента ландшафтов складчатых областей зоны перехода северо-востока Азии к Тихоокеанской плите // Дальний Восток России: География. Гидрометеорология. Геоэкология. Материалы шестой научной конференции: к всемирным дням Воды и Метеорологии. – 2005. – С. 174 -179.

7. Старожиллов В.Т. Геоэкология ландшафтов зоны влияния теплоэлектростанции: Старожиллов В.Т., Матвеев Т. И., Крупская Л. Т., Дербенцева А. М., Коробова И. В. – Владивосток. 2009.

8. Старожиллов В.Т. Ландшафтное картографирование районов минерально-сырьевого природопользования в Приморье. / Изв. Рос. акад. Наук. Сер.геогр. – 2013. – № 1. – С. 99-104

9. Старожиллов В.Т. и др. Картографический эколого-ландшафтный подход в оптимизации природопользования / Старожиллов В.Т., Дербенцева А.М., Нестерова О.В., Ткаченко В.И., Евсеев А.Б. // Горн. информ. аналит. бюллет. – 2009. – № 55. – С.271-277.

10. Старожиллов В.Т. и др. Некоторые итоги и перспективы ландшафтного картирования России / Солодянкина С.В., Кошкарев А.В., Ганзей К.С., Исаченко Г.А., Лысенко А.В., Старожиллов В.Т., Хорошев А.В., Черных Д.В. // География и природные ресурсы. – 2021. – Т. 42, № 3. – С. 23-36.

НАБЛЮДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЛЕТНЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ «БИТЮГ 2024»

А.Н. Химин
himin_geo@mail.ru

*Павловское местное отделение РГО // МКОУ Павловская СОШ №2,
г. Павловск, Воронежская область, Россия*

В конце июня 2024 г. Павловским местным отделением РГО была организована экспедиция по рекам Битюг и Дон. Подобные исследования, проходят с 2008 года на маршруте по рекам Битюг и Дон и позволяют судить об изменениях фауны позвоночных

Наблюдения проходили на территории Бобровского, Подгоренского и Павловского районов Воронежской области. Исследуемая территория находится на границе природных зон лесостепи и степи и крупных ландшафтных районов Среднерусской и Калачской возвышенностей. В экспедиции приняли участие школьники Научного общества учащихся МКОУ Павловской СОШ №2.

Актуальность работы заключается в получении новых данных о фауне позвоночных животных Воронежской области, что имеет большое значение для их рационально-

го использования и охраны. Первым исследователем фауны долины реки Битюг был известный российский зоолог Н.А. Северцов, опубликовавший в 1848 г свою работу «Периодические явления в жизни зверей птиц и гад Воронежской губернии» [4].

Целью данной работы стало оценка видового разнообразия позвоночных животных в долине реки Битюг на участке от моста на федеральной трассе «М4Дон» до места впадения реки Битюг в Дон и далее по реке Дон до города Павловск Воронежской области. На исследуемой территории можно выделить 2 участка довольно сильно различающихся по своим ландшафтным особенностям.

Первый участок находится между селом Лосево и устьем реки Битюг, в месте её впадения в Дон. Данная территория относится к Калачской возвышенности и испытывает сильное влияние реки Дон и антропогенное воздействие человека. Река Битюг отличается быстрым течением и узким руслом с небольшими глубинами, местами имеются перекаты. Последние 15 км русло искусственно спрямлено. Пойму реки в приустьевой части ранее заболоченную сейчас занимают пойменные луга, возникшие после осушения данной территории в 60 гг XX века.

Второй участок маршрута проходил по реке Дон, от места впадения в нее реки Битюг до города Павловска. Его протяженность 40 км. Правый крутой склон долины подходит к руслу реки крупными балками и стенками с обнажениями мела, местами поросшие байрачными лесами. На левобережье находится обширная пойма, с пойменными лесами, вытянутыми вдоль Дона.

Особенностью 2024 г стало относительно высокое и затяжное половодье, что обусловило высокий уровень воды в реке Битюг и Дон, даже в июне. При этом отсутствие дождей в апреле, мая и июне сильно иссушило высокую пойму и склоны долин рек. Подобные погодные аномалии усугубили сильные весенние заморозки вначале мая 2024 г. Все это нашло свое отражение в фауне позвоночных животных долин рек Битюг и Дон.

Наблюдения проводились маршрутным методом с обязательной фиксацией всех наблюдаемых позвоночных животных и следов их пребывания в полевой дневник во время движения байдарок по руслу рек Битюг и Дон. Общая протяженность маршрута составила 80 км. Средняя скорость движения составляла 5 км/ч. Координаты и расстояния определялись с помощью GPS-навигатора Garmin eTrex. Время движения с 8.00 до 18.00. На остановках и ночёвках также отмечались все встреченные у русла рек Битюг и Дон позвоночных животных. Рыбы наблюдались в русле реки, также изучались уловы местных жителей. Исследованиями были затронуты русло и берега рек Битюг и Дон, прилегающие к ним пойменные луга и леса, байрачные леса правобережья, сосновые насаждения песчаных левобережных террас и территория населенных пунктов, лежащих на их берегах.

Всего в ходе экспедиции было отмечено присутствие 77 видов позвоночных животных, относящихся к 5 классам.

В уловах рыбаков в реках Битюг и Дон было отмечено 13 видов рыб относящихся к 5 отрядам: стерлядь (*Acipenser ruthenus* L.), обыкновенная щука (*Esox lucius* L.), плотва (*Rutilus rutilus* L.), голавль обыкновенный (*Leuciscus cephalus* L.), красноперка (*Scardinius erythrophthalmus* L.), жерех обыкновенный (*Aspius aspius* L.), густера (*Blicca bjoerkna* L.), лещ (*Abramis brama* L.), рыбец (*Vimba vimba* L.), карась серебряный (*Carassius auratus gibelio* Bloch.), сом обыкновенный (*Silurus glanis* L.), окунь речной (*Perca fluviatilis* L.), судак обыкновенный (*Stizostedion lucioperca* Smitt.).

Большинство рыб представлено обычными для рек Битюг и Дон видами реофилами. К редким и охраняемым видам, внесенным в Красную Книгу Воронежской обла-

сти, относятся рыбец (*Vimba vimba* L.), заходящий на нерест в реку Битюг и стерлядь (*Acipenser ruthenus* L.), случайно пойманная рыбаками в урочище Динская на реке Дон и отпущенная после фотографирования [2]. Также необходимо отметить появление в реке Дон жереха обыкновенного (*Aspius aspius* L.) в последние годы почти не встречавшегося. Наиболее часто в уловах на реке Дон отмечен карась серебряный (*Carassius auratus gibelio* Bloch.). человека Интенсивное рыболовство, не только удочками, но и сетями оказывает довольно сильное влияние на ихтиофауну рек Битюг и Дон.

Наблюдалось 2 вида земноводных (*Amphibia*) зеленая жаба (*Bufo viridis* Laur.) и озерная лягушка (*Rana ridibunda* Pall.), и 5 видов пресмыкающихся (*Reptilia*): болотная черепаха (*Emys orbicularis* L.), прыткая ящерица (*Lacerta agilis* L.), обыкновенный уж (*Natrix natrix* L.), водяной уж (*Natrix tessellate* Laur.) и лесостепная гадюка (*Vipera nikolskii* Vedmederja Grabant a. Rudaeva.). К регионально охраняемым видам относятся болотная черепаха (*Emys orbicularis* L.), водяной уж (*Natrix tessellate* Laur.) и лесостепная гадюка (*Vipera nikolskii* Vedmederja Grabant a. Rudaeva.) отмеченные на реке Битюг у хутора Антиповка, что подтверждает важность этой территории для сохранения этих видов [2]. Впервые темно окрашенные морфы водяного ужа (*Natrix tessellate* Laur.) отмечены в урочище Коловерть на реке Дон, что свидетельствует о расширении его ареала в Воронежской области.

Отмечено 48 видов птиц, относящихся к 11 отрядам. Большинство птиц наблюдавшихся в долине реки Битюг представлены обычными видами типичными для данных местообитаний [3].

Большую ценность имеют наблюдения редких и охраняемых видов птиц, внесенного Красную книгу РФ [1].

Серый гусь (*Anser anser* L.) стая около 20 птиц в вечерних сумерках замечена в долине реки Битюг ниже села Шестаково. Вероятно, это молодые особи, не приступавшие в размножению.

Орлана-белохвост (*Haliaeetus albicilla* L.) одна птица отмечена на реке Битюг выше хутора Антиповка и пара птиц на реке Дон урочище Перевалы ниже старого русла реки Битюг.

Обыкновенная горлица (*Streptopelia turtur* L.) наблюдалась одна особь в лесополосе на краю поля в урочище Коловерть.

Из хищных птиц наиболее многочисленным видом стал черный коршун (*Milvus korschun* Gm.) на реке Битюг от моста на федеральной трассе «Дон» до устья реки Битюг – 13 птиц, на реке Дон от устья Битюга до города Павловска – 28 птиц.

Довольно часто встречались водные и околоводные виды птиц: серая цапля (*Ardea cinerea* L.), кряква (*Anas platyrhynchos* L.), коростель (*Crex crex* L.), черныш (*Tringa ochropus* L.), перевозчик (*Actitis hypoleucos* L.), зимородок (*Alcedo atthis* L.), дроздовидная камышевка (*Acrocephalus arundinaceus* L.). На реке Битюг ниже села Лосево в затоне урочища Банное отмечена гнездовая колония черных крачек (*Chlidonias nigra* L.) из 7-8 пар.

Катастрофически уменьшилась по сравнению с прошлыми годами наблюдений численность ласточек береговушек (*Riparia riparia* L.) гнездящихся в береговых обрывах рек Битюг и Дон. Так в береговых обрывах урочища Динская на Дону у устья Битюга находилась одна из самых больших колоний береговушек до 5 тысяч особей. В 2024 году отмечено около 30 жилых нор. При этом резко упала численность береговушек и на реке Битюг, но сохранили свою численность колонии ласточек береговушек в береговых обрывах реки Дон у села Белогорье.

В ходе наблюдений отмечено присутствие 9 видов млекопитающих: рыжая ве-

черница (*Nyctalus noctula* Schreber.), ночница (*Myotis* sp.), обыкновенный слепыш (*Spalax microphthalmus* Guldenstaedt), заяц русак (*Lepus europaeus* Pall.), обыкновенный бобр (*Castor fiber* L.), сурок байбак (*Marmota bobac* Muller.), обыкновенная лисица (*Vulpes vulpes* L.), кабан дикая свинья (*Sus scrofa* L.), косуля (*Capreolus capreolus* L.). Большинство встреченные млекопитающие являются обычными видами, широко распространенными в Воронежской области [3]. Наиболее интересны наблюдения на степных склонах балки урочища Коловерть обыкновенного слепыша (*Spalax microphthalmus* Guldenstaedt) и сурка байбака (*Marmota bobac* Muller.)

В ходе проведенного исследования удалось выявить следующее:

- долины рек Битюг и Дон от моста на трассе «М4 Дон» до города Павловска отличаются высокими показателями биоразнообразия позвоночных животных, было отмечено присутствие 77 видов позвоночных животных, относящихся к 5 классам. Среди наблюдавшихся позвоночных животных отмечены редкие и охраняемые виды рыб, пресмыкающихся и птиц.

- на видовой состав и количественное соотношение позвоночных животных в долинах рек Битюг и Дон оказывает влияние степень увлажнения, зависящая от уровня весеннего половодья, и антропогенное влияние деятельности человека.

Таким образом, в долинах рек Битюг и Дон выявлено высокое видовое разнообразие позвоночных животных, включая редких и охраняемых рыб, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. Для сохранения биоразнообразия было бы целесообразно придать данным территориям статус природного парка позволяющий сочетать охрану природы и хозяйственное использование территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание. – М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021.
2. Красная книга Воронежской области : в 2 т. / под ред. О.П. Негрובה, А.Д. Нумерова. – Воронеж : Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. – Т. 2 : Животные. – 448 с.
3. Наземные позвоночные Воронежской области. Кадастр / А.Д. Нумеров, П.Д. Венгеров, А.Ю. Соколов, А.С. Климов, М.В. Ушаков, А.И. Масалыкин, Е.И. Труфанова, Д.В. Транквилевский, Д.А. Квасов. – Белгород : Изд-во Сангалова К. Ю., 2021. – 612 с.
4. Северцов Н.А. Периодические явления в жизни зверей птиц и гад Воронежской губернии / Н.А. Северцов. – М., 1950. – 308 с.

ИЗМЕНЕНИЯ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ЗАСУШЛИВЫХ ЗОН ЮГА СИБИРИ В XXI ВЕКЕ

Н.Н. Чередыко^{1,2}, М.А. Волкова¹, И.В. Кужевская¹
atnik3@rambler.ru, mv2101@mail.ru, ivk@ggf.tsu.ru

¹Томский государственный университет, г. Томск, Россия

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, Россия

Растительность как интегральная характеристика любого ландшафта чувствительна к изменениям тепловлагообеспеченности, которая меняется на фоне климатиче-

ских изменений. Особенно чувствительны в этом плане переходные природные зоны: лесостепные, степные, полупустынные. По данным ряда публикаций [например, 2, 3] вследствие потепления климата отмечается продвижение этих ландшафтов на север и рост их засушливости. При этом, в последние годы появились данные, наоборот, роста увлажненности некоторых участков степной зоны Евразии [4]. Это подтверждает актуальность региональных исследований нелинейных реакций геосистем разного уровня на изменения климата.

Развитие дистанционных технологий мониторинга позволяет компенсировать недостаточную плотность наземных ведомственных и экспедиционных пунктов наблюдений. С использованием нормализованного относительного вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [1] мы проанализировали тенденции изменения обеспеченности растительности лесостепных и степных ландшафтов юга Сибири за период 2000-2023 гг.

За рассмотренный интервал лет временной ход вегетационных индексов имеет колебательный характер, представляет собой сложный рис. наложения циклов длительностью, главным образом, около 7-9, 11, 22 лет.

Тренды значимы лишь для некоторых измерительных пунктов. За период исследования, действительно, выявлены разнонаправленные долговременные тенденции. Для лесостепной и степной зон Ишимской равнины характерен тренд сокращения биомассы, что соответствует усилению засушливости здесь и согласуется с данными Докладов, обобщающих последствия изменений современного климата [2; 3]. В Хакасии и Тыве тренд NDVI положительный, что соответствует приросту биомассы, так называемому «позеленению степей», отмеченному нашими коллегами в экспедициях. При этом, на всей рассмотренной территории, кроме пунктов Атбасар и Солонешное, тренды средней приземной температуры (0,2-0,5 °C/10 лет) и сумм температур $\geq 5^{\circ}\text{C}$ значимы на уровне 5%. Разнонаправленные тренды NDVI, по-видимому, «регулируются» изменениями показателей увлажненности.

ЛИТЕРАТУРА

1. EOSDIS Worldview [Электронный ресурс]: – URL: <https://worldview.earthdata.nasa.gov> (дата обращения: 24.01.2022).
2. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Geneva, Switzerland: IPCC, 2023. – 184 pp. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – М.: Гидрометцентр России, 2020. – 109 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.meteorf.ru/press/news/20626>. (дата обращения: 27.06.2024).
4. Почему "зеленеют" Тува и Монголия и кто "виноват" в изменении климата // Новости ТГУ, портал Tomsk.ru. – URL: <https://news.tsu.ru/news/pochemu-zeleneyut-tuva-i-mongoliya-i-kto-vinovat-v-izmenenii-klimata/>. (дата обращения: 15.07.2024).

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЛАНДШАФТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ	5
Михно В.Б., Быковская О.П. К 90-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ЛАНДШАФТА ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА	5
Батраченко Е.А. РОЛЬ ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН В ФОРМИРОВАНИИ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	10
Бевз В.Н. ИНВАРИАНТНЫЕ ПРИЗНАКИ СКЛОНОВЫХ ЛАНДШАФТОВ	14
Белокобыльский А.Н., Телегина А.В. ЛАНДШАФТНО-ЭСТЕТИЧЕСКОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПРИРОДЫ ЗАПОВЕДНИКА «ГАЛИЧЬЯ ГОРА»	17
Гурбанов Т.Р. МОРФОТЕКТОТУРЫ ТАЛЫШСКИХ ГОР	20
Дамбе М.М., Межова Л.А. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	24
Дьяконов К.Н. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СТРУКТУРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО, ФУНКЦИОНАЛЬНО-ДИНАМИЧЕСКОГО И ЭВОЛЮЦИОННОГО НАПРАВЛЕНИЙ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ	28
Жигулина Е.В. ЛАНДШАФТНО – ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС ДОЛИНЫ ВЕРХНЕГО ДОНА	33
Иманова Г.А. АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРНЫХ РАВНИН И ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЯНГЯБИЗСКОГО ХРЕБТА И ОКРУЖАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ	36
Калинина Ю.С., Сафонов Р.А. ФИТООПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В ДОНБАССЕ НА ПРИМЕРЕ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ	41
Королева Е.Г., Петрова И.Ф. СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ: АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	43
Кузьмин К.А., Козикова Ю.С., Кулакова А.С. ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ РЕЛЬЕФА МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ	48
Михно В.Б. ГЕОСИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ КАРСТОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ	53
Низовцев В.А., Эрман Н.М. ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА НИЖНЕГО НОВГОРОДА (с 1221 по XIX в.)	60
Нестеров Ю.А., Крутова О.В. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ	65
Панкратова Л.А. ДОМИНИРУЮЩИЕ ЗЛАКИ НА РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЗАЛЕЖАХ В УСЛОВИЯХ МЕЛОВОГО ПОДОНЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНО-КУЛЬТУРНОГО КОМПЛЕКСА ДИВНОГОРЬЕ, ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)	71
Рысин И.И., Григорьев И.И., Пермяков М.А. ДИНАМИКА ОВРАГООБРАЗОВАНИЯ И РАЗМЫВА БЕРЕГОВ РЕК НА ТЕРРИТОРИИ УДМУРТИИ	75
Старожилов В.Т. НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ: УЧЕНИЕ СТАРОЖИЛОВА О НООЛАНДШАФТОСФЕРЕ – ФУНДАМЕНТ ПРАКТИК ОСВОЕНИЯ И РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СОХРАНЕНИЯ ЦИВИЛИЗАЦИЙ ЕВРАЗИИ И ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ	80
Тюрин А.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕДНИКОВ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГЛЯЦИОЛОГИИ ...	86

Хорпякова Т.В., Сергиенко Д.А. ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЛАНДШАФТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ	89
Чендев Ю.Г., Нарожняя А.Г., Смирнова М.А., Тишков А.А., Белеванцев В.Г. ИСТОРИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ И ПОЛЕВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРЫХ ВЫГОНОВ И СЕНОКОСОВ НА ЮГЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	92
Шаров Ф.В., Савенков М.Г., Сошникова И.Ю. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ЛАНДШАФТНОМ ДИЗАЙНЕ: ИНТЕГРАЦИЯ ПРИРОДЫ И ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА	97

РАЗДЕЛ 2. МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА 100

Аблова И.М. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПРОЦЕССА ФОТОСИНТЕЗА НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	100
Агоева Э.А., Ламашвили Л.С. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ pH И УЭП ВОДНЫХ И ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ВЕРХНЕ-БАЛКАРСКОГО И ЧЕРЕКСКОГО РАЙОНОВ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	102
Акимов Л.М., Акимов Е.Л. АНАЛИЗ НЕУСТОЙЧИВОСТИ АТМОСФЕРЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ РАВНИНЫ	107
Акимов Л.М., Акимов Е.Л. ИССЛЕДОВАНИЕ ПО УТОЧНЕНИЮ КЛАССА НЕУСТОЙЧИВОСТИ АТМОСФЕРЫ ПО ПАРАМЕТРУ ПАСКУИЛЛА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ РАВНИНЫ	110
Акселевич В.И., Мазуров Г.И. СРАВНЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ НОРМ ЗА ДВА 30-ТИЛЕТНИХ ПЕРИОДА (1961-1990 И 1991-2020 Г.Г.) В ГОРОДАХ РОССИИ	115
Алиев Д.С., Ерин О.Л., Янкина К.Ю. УЧЁТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ МАСЛА В ГАЗАХ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ	120
Анциферова Г.А., Русова Н.И. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОД И ФОРМИРОВАНИЕ НОВОЙ АКВАТОРИИ В СИСТЕМЕ ОЗЕР РЕКИ ВОРОНА КАК АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА	123
Байкова И.М., Зюкина С.Л. АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ	125
Балакин В.С., Шипко Ю.В., Зиброва Н.В., Колычев О.В. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЫ НА ПРИМЕРЕ ПУНКТА ВОРОНЕЖ	130
Бун Т.Д., Закусилов В.П. МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЛУОСТРОВА ИНДОКИТАЙ ПО СОВРЕМЕННЫМ ДАННЫМ	135
Голеусов П.В. ПОТОКИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В УРБОГЕОСИСТЕМЕ БЕЛГОРОДА	139
Горбунова Т.Л. КРИТЕРИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ГОРНЫХ РЕК КАК РАННИЕ ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОГО СТРЕССА	141
Груздев А.И., Дроздов В.В., Лобанов В.А. СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА	145
Ерин О.Л., Алиев Д.С., Кузнецов С.А. ВЛИЯНИЕ МЕЖКОНТАКТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ТЕПЛОАПРЯЖЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	148
Злобин В.М. АНАЛИЗ ПОЖАРООПАСНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ	150
Злобин В.М. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	152
Иовик Л.Н., Ажгиревич А.Н. ВЛИЯНИЕ АЭРОТЕХНОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛКАХ	154

Кибкало А.Н., Цай С.Н. АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 5 ЛЕТ В ГОРОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ	157
Кирносов С.Л., Бадьгин А.Э. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПРОГНОЗОВ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА	160
Короткова О.Е. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЯВЛЕНИЙ КАЛЕНДАРНОЙ ВЕСНЫ 2024 ГОДА В ХОПЕРСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ЗА ПЕРИОД 1939 – 2024 ГГ.	164
Кузнецов И.Е., Шувакин Е.В. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ЦЕЛЯХ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА	169
Кюль Е.В., Ахсалба А.К., Гузиев Х.Ю., Нирова З.С., Юанов М.Т., Марандиди С.И., Жиба Р.Ю., Ломия Р.Ф., Нешенко И.П., Авидзба Р.Д. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АБХАЗИЯ В 2024 ГОДУ	174
Мандрыка О.Н., Романова А.В. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СРОКИ МИГРАЦИЙ ВОДОПЛАВАЮЩИХ ПТИЦ ФЕННОСКАНДИИ	177
Махоткин А.Н. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДЛИННОВОЛНОВОГО РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА	180
Новикова С.А., Пономарев И.А. ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ	182
Переведенцев Ю.П., Гурьянов В.В., Мирсаева Н.А., Николаев А.А., Васильев А.А. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В XX-XXI ВЕКАХ	186
Плотникова В.Д., Романова Е.Б. МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК РОДА PЕLORНУLАХ В БИОМОНИТОРИНГЕ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ	191
Романова А.В. МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	194
Романова Е.Б., Столярова И.А., Бакиев А.Г., Горелов Р.А. АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ КРОВИ СУХОПУТНЫХ ЧЕРЕПАХ К УСЛОВИЯМ НАРАСТАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ	198
Сафонов А.И., Гермонова Е.А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В ДОНБАССЕ: ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ФИТОКВАНТИФИКАЦИИ	203
Святкина Е.Д., Петров Ю.В. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА СИСТЕМ ЛЕСОПОЖАРНОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	205
Селезнева К.В., Селезнева А.В., Селезнев В.А. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГИ	209
Синюков В.В., Федий Г.Л. ОРУЖИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	213
Синюков В.В., Федий И.Р., Ерин О.Л. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	215
Скрыльник Г.П. КОНТИНЕНТАЛЬНОСТЬ, ОКЕАНИЧНОСТЬ И АНОМАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ТИХООКЕАНСКОЙ РОССИИ	218
Соловьев А.В. СПОСОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ МЕГАПОЛИСОВ НА ОСНОВЕ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРА	223
Стефанович А.А., Воскресенская Е.Н. ВЛИЯНИЕ ВОЛН ТЕПЛА НА УРОВЕНЬ КОМФОРТНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА	228
Тагирова Ю.Р., Тюрин М.А., Хужина Р.Р. ВАЛИДАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ	231

Тихонова А.М. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА И ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ К НИМ	236
Тменова М.В., Яблонская Д.А., Липатникова О.А., Лубкова Т.Н., Филатова О.Р. МОНИТОРИНГ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД РОДНИКОВ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ МОСКВЫ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНО-ИСТОРИЧЕСКОГО ПАРКА «БИТЦЕВСКИЙ ЛЕС»)	239
Ульшин И.И., Косован И.С. ИНФОРМАЦИОННО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ПРИ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	243
Ульшин И.И., Фатеев А.С. ПОКАЗАТЕЛИ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ ДАННЫХ О ВЕТРЕ В ХОДЕ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ	247
Чередыко Н.Н., Крутиков В.А., Малышков С.Ю., Гордеев В.Ф., Тартаковский В.А., Кураков С.А. СРЕДСТВА РЕГИОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА В ПРОБЛЕМЕ РОСТА ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ФОНЕ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА	251
Юфрос К.С., Дроздов В.В. МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В Г. НОРИЛЬСКЕ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО И ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА	252
Янкина К.Ю. МЕТОДИКА РАСЧЕТА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИАЭРОДРОМНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ	256
Янкина К.Ю., Силютин Е.В., Клепиков О.В. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ АТМОСФЕРУ, В ПРЕДЕЛАХ СЕДЬМОЙ ПОДЗОНЫ АЭРОДРОМА.....	258
РАЗДЕЛ 3. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	262
Samadzade Nazrin. POLLUTION OF THE AZERBAIJAN PART OF THE CASPIAN SEA WITH RETROLEUM HYDROCARBONS	262
Агоева Э.А. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ВОД Р. ЧЕРЕК БАЛКАРСКИЙ	266
Афанасьева А.А., Юрова Ю.Д. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕКИ КАЗАНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС- СИСТЕМ	273
Блинов М.А. ДОСТУПНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВОДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	278
Волков А.С., Волкова Н.Е. ВЛИЯНИЕ СБРОСОВ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ Р. ЧУРУК-СУ)	282
Джамалов Р.Г., Власов К.Г., Сафронова Т.И., Галагур К.Г., Оботуров А.С. АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕК БАССЕЙНА ЛЕНЫ	285
Дмитриева В.А. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЛИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ «ЭМОЦИИ» В ВОДНОМ РЕЖИМЕ РЕК ДОНСКОГО БАССЕЙНА	289
Жигулина Е.В., Калаев С.В. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРУДОВ АННИНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	292
Ивченко В.В., Маслова Н.В. ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С УЧЕТОМ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	294

Игнатчук А.А., Токарчук О.В. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ДАШБОРДОВ (НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРОДА БРЕСТА)	299
Корнилов А.Г., Корнилов А.А., Киселев В.В. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО ДОНА	304
Кохан Ю.С., Иванова Е.Ю. АНАЛИЗ АККУМУЛЯЦИИ КСЕНОБИОТИКОВ В ВОДНОЙ И ОКОЛОВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМАХ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	308
Кочетова Ж.Ю., Дубачева А.В., Тронин А.Л. ПЬЕЗОКВАРЦЕВЫЕ МИКРОВЕСЫ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУХОГО ОСТАТКА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ	313
Кузьмина А.Ю., Яблонская Д.А., Филатова О.Р. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД РОДНИКОВ СЕВЕРА МОСКОВСКОГО РЕГИОНА	316
Мохна М.Н. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБВОДНЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКА «МОКУЛАЕВСКОЕ» (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)	321
Небольсина М.В., Успенский К.В. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ Р.УСМАНЬ В ПРЕДЕЛАХ НОВОУСМАНСКОГО РАЙОНА	326
Овчарова А.Ю. ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАЛЫХ РЕК ИЛОВЛИНСКОГО БАССЕЙНА (НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)	330
Орехова Г.А., Новых Л.Л., Родионова М.Е. РЕКРЕАЦИОННАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РОДНИКОВ БЫКОВСКОЙ СЕЛЬСКОЙ АДМИНИСТРАЦИИ (БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ)	334
Панчукова О.В., Анищенко Л.Н. АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ И ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОД ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ОЗЁР В НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ РФ (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	339
Переладова Л.В. ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МИНИМАЛЬНОГО ЗИМНЕГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА ВАГАЯ	341
Русских Е.А., Скочилова Е.А. ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ОЗЕРАХ ПИЖАНСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ	346
Самсонова А.В., Переладова Л.В. АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИИ ВОДОЕМОВ КАЛИНИНСКОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ОКРУГА ГОРОДА ТЮМЕНИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКРЕАЦИИ	349
Сигора Г.А., Смоленская Т.Ю., Ничкова Л.А. ПРОБЛЕМА ОХРАНЫ И МЕРЫ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА РОДНИКОВЫХ ВОД СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА	353
Соловьева С.С., Ефимова Л.Е. ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОВ ПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕССИНГА (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ СЕТУНЬ И ГРУППЫ КОСИНСКИХ ОЗЕР)	357
Токарев С.В. К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОЙ ОХРАНЕ И РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕСУРСОВ КАРСТОВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ КРЫМСКОГО РЕГИОНА)	361
Фатхутдинова И.Ш. АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ БЕЛАЯ В УСЛОВИИ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ УФИМСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА	365
Федоров Ю.А., Доценко Н.В., Костенко Д.Ф. РТУТЬ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА ОЗ. БАЙКАЛ: ПО МАТЕРИАЛАМ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ И СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	368
Чернова М.А., Елатомцева А.И., Непрокина К.С. РЕСУРСЫ РЕЧНОГО СТОКА 50% ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ	373
Широкова В.А., Юрова Ю.Д., Широков Р.С. ОЦЕНКА РИСКА ДЕГРАДАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА РЕКИ ОСЕТР	376

**РАЗДЕЛ 4. ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНОООБРАЗИЯ,
ОХРАНЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ 383**

Алексеева Н.Н., Торгашина М.Р. МЕТОДИКА НЕЙТРАЛЬНОГО БАЛАНСА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	383
Боева А.С., Подмаркова А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРБАНИЗАЦИИ ПОЧВ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ РАМОНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	386
Бочарников В.Н., Базаров К.Ю. КОНЦЕПТ ПРИРОДООХРАННОГО ЛАНДШАФТА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНОООБРАЗИЯ В ЮГО-ЗАПАДЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ (ХАСАНСКИЙ РАЙОН)	390
Владимиров Д.Р., Григорьевская А.Я., Житенёва О.В., Золотых М.Д., Шишкин М.А. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ И ГРАНИЦА РАСПРОСТРАНЕНИЯ GAGEA VULVIFERA (PALL.) SALISB. В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ	394
Гаджиева Г.Н. ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА)	398
Гусев А.В., Гусева Е.И. ДАРНЫЕ СОРТА КАЛЕН. МЕСТА НАХОЖДЕНИЯ И СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ	402
Емельянова Т.А., Желонкина Е.Э., Хуторова А.О. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕСОВ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РОССИИ	405
Желибо Т.В., Помазкова Н.В. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕСАДКЕ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ	409
Жигарев И.В. СОВРЕМЕННОЕ (2024 ГОД) СОСТОЯНИЕ КОЛОНИИ СТЕПНОГО СУРКА В ЗАКАЗНИКЕ КАМЕННАЯ СТЕПЬ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)	410
Зеленкова В.Н., Тохтарь В.К., Третьяков М.Ю. ПРЕДСТАВЛЕННОСТЬ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В ПОСЕВАХ С.Х. КУЛЬТУР ФЛОРЫ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	414
Кульнев В.В., Кизеев А.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ РАСТЕНИЙ ДЛЯ БИОИНДИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	420
Ламашвили Л.С. МОРФОЛОГИЯ ПОЧВ ВЕРХНЕ БАЛКАРСКОГО УЩЕЛЬЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	425
Лицейский Ф.Н., Полетаев А.О. ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	427
Луговской А.М. СИНАНТРОПИЗАЦИЯ И НАТУРАЛИЗАЦИЯ ФЛОРЫ КУЛЬТУРНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ	431
Мазур В.В. ИЗУЧЕНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ ХВОЙНЫХ КРУПНОМЕРОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	434
Мирошникова А.А. БИОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФИТОРАЗНОООБРАЗИЯ КАЛЬЦЕФИТНОГО ВАРИАНТА СТЕПИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	436
Родькин О.И., Емельяненко Н.В. ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ФИТОРЕМЕДИАЦИИ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ИЛОВЫМИ СТОКАМИ ЗЕМЛЯХ	440
Старожилов В.Т., Кудрявцев А.А., Степанов О.И. РОССИЙСКОЕ УЧЕНИЕ СТАРОЖИЛОВА О НООЛАНДШАФТОСФЕРЕ – ПРИОРИТЕТНАЯ ОСНОВА РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БИОГЕОГРАФИИ, РАСТЕНЕВОДСТВА, ГЕОГРАФИИ ПОЧВ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ	445
Химин А.Н. НАБЛЮДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЛЕТНЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ «БИТЮГ 2024»	449
Чередыко Н.Н., Волкова М.А., Кужевская И.В. ИЗМЕНЕНИЯ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ЗАСУШЛИВЫХ ЗОН ЮГА СИБИРИ В XXI ВЕКЕ	452

Научное издание

**География, экология, туризм:
новые горизонты исследований**

*Материалы Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием*

(Воронеж, 10–12 октября 2024 года)

Том 1

Издано в авторской редакции

Редколлегия не несет ответственности за полноту содержания
и достоверность информации, материалов, изложенных в статьях.

Авторы несут персональную ответственность за содержание
материалов статей, цитирования и точность библиографической информации
в соответствии с законодательством Российской Федерации

Компьютерная верстка *О.В. Клепикова, С.А. Куролана, А.С. Субботина*

Подписано в печать 02.09.2024. Формат 60×84/8.

Усл. п. л. 53,5. Тираж 30 экз. Заказ 397

Издательский дом ВГУ
394018 Воронеж, пл. Ленина, 10
Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии Издательского дома ВГУ
394018 Воронеж, ул. Пушкинская, 3