

DOI:10.17308/978-5-9273-3692-0-2023-313-315

**ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЧНЫХ ВОД В ЛЕТНЮЮ МЕЖЕНЬ
ОСНОВНЫХ ЛАНДШАФТОВ БАСЕЙНА ВОЛГИ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ****HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF RIVER WATERS DURING SUMMER LOW-WATER
OF THE MAIN LANDSCAPES OF THE VOLGA BASIN IN THE TVER REGION****Шапоренко С.И.¹, Кузовлев В.В.^{2,3}**Shaporenko S.I.¹, Kuzovlev V.V.^{2,3}

e-mail: ser-shaporenko@yandex.ru

¹Институт географии РАН, Москва, Россия²Тверской центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;³Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия¹Institute of Geography RAS, Moscow, Russia²Tver Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Tver, Russia³Tver State Technical University, Tver, Russia

Аннотация. Выявляются возможные связи ландшафтных условий с формированием природных фоновых характеристик речных вод, которые могли бы служить критериями регионального антропогенного загрязнения. Сделан вывод о существовании двух основных региональных факторов: степень заболоченности (индикаторные показатели: ХПК, перманганатная окисляемость ЛПО, цветность, Fe) и влияние подземных вод (минерализация, солевой состав, F, Sr).

Abstract. Possible connections of landscape conditions with the formation of natural background characteristics of river waters, which could serve as criteria for regional anthropogenic pollution, are revealed. It is concluded that there are two main regional factors: paludification (indicator indices: COD, permanganate oxidability, chromaticity, Fe) and the influence of groundwater (mineralization, salt composition, F, Sr).

Ключевые слова: Типы ландшафтов, малые реки, природный фон, заболоченность, эндогенный фактор.

Keywords: Types of landscapes, small rivers, background concentrations, paludification, autogenic factor.

Введение. Юго-восточные и восточные склоны Валдайской возвышенности в Тверской области – регион формирования стока р. Волги в самой верхней части ее бассейна. Именно здесь складывается характерный облик химического состава речных вод, которые служат основным источником питания Ивановского водохранилища, используемого для водоснабжения г. Москвы. В связи с этим вопросы качества воды всегда будут оставаться важнейшими в практическом плане, а изучение степени влияния антропогенных факторов на фоне слабо изученных природных особенностей региона, актуальными. Вопрос осложняется тем, что многие гидрохимические характеристики имеют двойной генезис, а разнообразие сочетаний ландшафтных стокоформирующих условий с антропогенной нагрузкой может приводить к критическим значениям показателей пригодности речной воды. Вопросам дифференциации качества речных вод в различных природных обстановках Тверской области посвящено настоящее исследование.

Использованные материалы и методические подходы. Работа выполнена по данным гидрохимической съемки, проведенной в конце июля 2021 г. в рамках проекта РНФ. Отбор и обработка проб проведены по методикам, используемым на сети мониторинга поверхностных вод Росгидромета. Химические анализы выполнены в лаборатории Тверской ЦГМС. Точки отбора проб на реках выбирались с расчетом, чтобы они замыкали водосбор, который находится по возможности на участке наименее затронутым антропогенным влиянием в пределах одного типа ландшафта. Это позволяет считать гидрохимические характеристики наиболее приближенными к природным фоновым значениям. В качестве картографической основы взята ландшафтная карта из атласа Калининской области [1]. При ее построении типизация ландшафтов основывалась на приоритете рельефа и растительности. Преимущество ее использования в том, что ландшафтные выделы на ней охватывают наиболее крупные участки и в наибольшей степени покрывают водосборы малых рек – притоков р. Волги. В этом заключен и недостаток – внутри выделов могут наблюдаться неоднородности, существенно влияющие на формирование речных вод. При анализе результатов в работе также использованы более подробные ландшафтные карты поздних лет изданий [4], Тверской геологоразведочной партии под руководством Л.П. Левченко 1999 г., из монографии [2], ландшафтно-геохимическая карта России (nationalatlas.ru), карта-схема из [3]. В пределах каждого типа ландшафта отобрано и проанализировано 3–5 серий проб воды (далее в списке через дробь указаны номера створов, в числителе тип ландшафта по [1], название реки – населенного пункта, в круглых скобках номер ландшафта по [4], в квадратных скобках по [2]):

1. Холмистых гряд с преобладанием земледельческих угодий: 1/1 Кашинка (38в), [171ж]; 1/2 Страчка (46), [148в]; 1/4 Тьмака (88в), [125г]; 1/5 Скобра (88б), [124в].

2. Озерно-холмистый с сосновыми и еловыми лесами: 2/1 Волга – Селижарово (7а, 13 а, 15а, 65а, 69а, 70а, 82а), [27д, 36в, 37в, 88г, 35в, 28д, 31е, 34а]; 2/2 Селижаровка (7а, 8а, 13а, 16а), [37в, 38и, 39г, 33г, 40е]; 2/3 оз. Пено (7а, 13 а, 15а, 65а, 70а, 82а), [28д, 35в, 31в].

3. Возвышенных равнин с глубоко врезынными долинами: 3/3 Итомля (66б, 72а, 76в), [102е]; 3/4 Тудовка (68а, 77в, 80а), [80в, 87е]; 3/5 Бойня (72б, 85б), [100в]; 3/6 Держа (73в, 85б), [95е]; 3/7 Шоша (73в), [99и, 96з, 97з]; 3/8 Лойка (9в, 39в), [205в]; 3/10 Волга – Ржев (7а, 13а, 14ав, 15а и др.), [85е, 100в, 84а, 86е и др.].

4. Слабоволнистых равнин: 4/1 Медведица (4б, 20б, 37а), [153е, 147е]; 4/2 Молога (4б, 21б, 52б),

[177в]; 4/3 Щетинка (19б, 21б), [204е].

5. Возвышенных слаборасчлененных равнин: 5/1 Большая Коша (5б, 14в, 17а, 64а), [103в]; 5/2 Малая Коша (14в, 66б, 72а), [103в]; 5/3 Песочня (68а), [78е]; 5/4 Осуга – Озерцкое (5б, 14б), [107в, 108е, 105е, 106з]; 5/5 Осуга – Б. Борок (5б, 14б, 14в), [113и, 11в, 108е]; 5/6 Холохольня (72а), [102е, 101е].

6. Низменных песчаных равнин с древними дюнами и сфагновыми болотами: 6/1 Логовежь (20б, 34б), [149е]; 6/2 Осеченка (33а, 6б, 103), [151д]; 6/3 Орша (53а, 101), [138д, 141е]; 6/4 Созь (53а, 101), [140к]; 6/5 Кимрка (42в, 58б), [162е (132д)]; 6/6 Большая Пудица (42в, 58б), [162е (139д)]; 6/7 Ивановское вдхр. – Тверь (комплекс ландшафтов).

Для других типов ландшафта участки со слабым влиянием антропогенных факторов и доступностью для обследования выделить не получилось. Набор анализируемых параметров включал 41 показатель и соответствовал полной программе наблюдений в пунктах мониторинга поверхностных вод на сети Тверского ЦГМС (РД 52.24.309-2016), из которого исключены пестициды и добавлены фтор, барий, литий, стронций и перманганатная окисляемость. Выделены приоритетные показатели, максимально влияющие на качество речных вод с использованием ПДК. Заболоченность водосборов определена с использованием космоснимков, и может считаться ориентировочной.

Анализ результатов. Все ландшафты Тверской области относятся к классу равнинных, их объединяет общее ледниковое происхождение. По степени дренированности ранее были выделены три большие группы – дренируемые (самый верхний участок Волги от истока до впадения в оз. Стерж, Тихвина, Шишка, Холохольня), замедленно дренируемые (Руна, Кудь, Песочня, Бойня, Черемошня, большая часть водосбора р. Тверцы) и недренируемые с болотами (правые притоки Волги на участке около г. Пено (в), к которым по условиям примыкает р. Тьмака) [5]. В геохимическом отношении территория находится в южно-таежных и подтаежных зональных типах ландшафтов с очень высоким потенциалом климатической миграции и умеренной интенсивностью биологического круговорота. Преобладают миграционные потоки или радиальные, или равной интенсивности радиальные с латеральными (nationalatlas.ru). Для некоторых группировок речных водосборов внутри ландшафтных типов можно отметить свойственные им особенности химического состава речных вод.

1. Особенностью этой группы рек является резкое преобладание над остальными элементами содержание растворенного марганца. Максимальная его концентрация (1,92 мг/л, или 192 ПДК) обнаружена в р. Тьмаке при степени насыщения воды кислородом в точке отбора пробы 50 %. Водосбор Тьмаки находится в сильно заболоченном районе с болотами в основном низинного типа. Здесь отмечено самое высокое содержание органического вещества по ПО (23 мгО/л) и отношение ПО/ХПК = 71 %, характеризующее присутствие органического вещества болотного происхождения. На втором месте после марганца по кратности превышения ПДК находятся цинк и медь (2–4 ПДК). Водосбор р. Строчки расположен в умеренно заболоченном районе с болотами разного типа [3], чем частично объясняются экстремально высокие концентрации металлов. В этом ландшафтном типе главными загрязнителями почвы отмечались As, Pb, Zn, Co, Cu, Mn, Mo и др. металлы, содержание которых превышает фоновые значения в 2–4 раза. Плотность загрязненности ими по Zс допустимая (данные ВВГРП).

2. Речные воды в этих створах формируются в ландшафтном типе с самыми крупными озерами области на водосборе. Вся территория расчленяется на участки от слабо- до сильно заболоченных с болотами разных типов [3] и находится в ореоле повышенного природного содержания Fe, где гидроэкологическое состояние благоприятное. Для этого типа ландшафта характерные вещества в речных водах: Cu, Zn (2–3 ПДК) и ХПК (до 2,5 ПДК). Органические вещества по преобладанию выходят на первое место в оз. Пено. Повышенные величины ПО (15–17 мгО/л) и отношение ПО/ХПК (до 40–45 %) указывают на сохранении влияния заболоченности на качество волжских вод в этих створах.

3. Данный тип ландшафта характеризуется слабой заболоченностью и наиболее высоким антропогенным воздействием со стороны сельского хозяйства [1]. Водосборы Итомли, Бойни и ближайшая к г. Ржеву часть водосбора Волги находятся в умеренно неблагоприятном гидроэкологическом состоянии внутри ореолов комплексного техногенного загрязнения, среди широкого спектра элементов которого следует выделить окисляемость, Fe, Mn и Cd. Остальные водосборы малых рек находятся в относительно благоприятном или благоприятном (Тудовка в заповедной зоне) гидроэкологическом состоянии. Юго-западная часть этого типа ландшафта находится в ореоле повышенного природного фона Fe. В водах подземных вод на водосборах рек Держы и Шоши отмечено природное загрязнение Mn (вероятно эндогенная составляющая). На северо-восточной части территории этого типа ландшафта (водосборы рек Лойки и Решетиhi) в ореол техногенного загрязнения включают минерализацию и жесткость, Cr, Be, окисляемость (данные ВВГРП). Плотность загрязненности почв тяжелыми металлами в целом допустимая, характерными компонентами которых на водосборе Итомли являются Mn, Sb, Co, As, V и др. Ведущая геохимическая роль марганца отразилась в высоких его концентрациях в воде рек Лойки и Решетиhi (соответственно 26 и 12 ПДК), Шоши и Бойни (14 и 9,5 ПДК), Держы и Тудовки (4–5 ПДК). Только на водосборе Итомли этот элемент уступает Cu и Zn. Следует отметить, что в створе г. Ржева концентрация марганца (2,9 ПДК) существенно ниже, чем в большинстве притоков Волги, а также относительно невысокую концентрацию растворенного органического углерода (кроме рек Бойни и Шоши).

4. В этом типе ландшафтов по концентрациям марганца остается ведущим показателем (в р. Щетинке до 26 ПДК), вместе с Zn и ХПК повышено содержание $C_{орг}$ (14–18 мг/л). По данным ВВГРП водосборы рек

Медведицы и Щетинки находятся в ореолах повышенного природного фона Fe. В Медведице и Мологе повышено содержание Cu (около 2 ПДК), гидроэкологическое состояние на водосборах этих рек умеренно неблагоприятное, загрязнение почв тяжелыми металлами допустимое. Главные загрязнители почв водосбора р. Мологи – Sb, Co, Cu, Se, As и др. Этот водосбор отличается очень сильной заболоченностью, болота переходного и низинного типа [3]. Гидроэкологическое состояние водосбора Щетинки благоприятное. Наборы основных характеристик по водосборам в значительной степени различаются. Показатели воды Щетинки отличаются более низким содержанием органического вещества по ПО (7,0 мгО/л) и более низким отношением ПО/ХПК = 19, что связано с более слабой заболоченностью ее водосбора.

5. Для этого типа ландшафта нет единого характерного преобладания в речных водах концентраций какого-нибудь параметра. Объединяет водосборы малых рек повсеместно слабая заболоченность (низкие концентрации ПО – до 10 мгО/л и величины отношения ПО/ХПК – до 26 %), их пространственная приближенность к границам повышенных природных фонов Fe с внешней стороны (помимо рек Холохольни и Осуги ниже г. Кувшиново, водосборы которых находятся внутри ореолов). В створе Осуги в д. Б. Борок отмечено в водозаборах присутствие Cd, Mn и Ba, вероятно природного эндогенного происхождения. Эти же элементы находятся и в перечне гидрохимических показателей, загрязнение которыми обусловлено техногенным воздействием (в том числе Fe, Ni, Pb, Cr, жесткость, окисляемость, минерализация). Холохольня – единственная река, в которой содержание нитритов превысило ПДК в 1,5 раза. Гидрогеологическая обстановка на водосборе р. Песочни благоприятная, р. Осуги выше г. Кувшиново – относительно благоприятная. На остальных речных водосборах – умеренно неблагоприятная. На левобережных притоках Волги – реках Большой и Малой Коше – характерные вещества: Zn, ХПК и Mn (1-3 ПДК). Эти показатели и медь присутствуют в качестве основных во всех остальных реках, только меняя позиции по значимости. Например, проходя через г. Кувшиново, воды Осуги обогащаются марганцем, фенолами и немного цинком (до 2-3 ПДК), тогда как в фоновом створе в с. Озеречком относительно других показателей повышена величина ХПК (2,6 ПДК). Вероятно сказывается наличие выше по течению водоемов.

6. Особенностью водосборов данного типа ландшафтов является наиболее существенная по региону роль в химическом составе речных вод растворенного Fe_{общ.} В р. Осеченке его концентрация составила почти 10 ПДК, в Орше 7,5 ПДК, в других реках 1-3 ПДК. Исключение – р. Большая Пудица, где его содержание 0,9 ПДК. Сказывается очень сильная заболоченность первых двух речных водосборов с преимущественно верховыми болотами. Показатель ПО достигает 40 мгО/л в Орше, а отношение ПО/ХПК 54 %. В реках Сози и Осеченке эти показатели немного ниже (соответственно 32 и 27 мгО/л и 38 и 35 %). Слабая заболоченность в самых верховьях Большой Пудицы ниже по течению сменяется умеренной заболоченностью. Водосборы большинства рек находятся внутри крупных ореолов техногенного загрязнения Fe, Mn, Cd, Ba, Ni, Pb, Cr (данные ВВГРП). На водосборе р. Логовежь гидрогеологическая обстановка неблагоприятная, в водозаборах присутствует Mn. Гидрогеологическая обстановка на водосборе Осеченки благоприятная, на остальных – умеренно неблагоприятная. Загрязненность почв тяжелыми металлами допустимая (Zc = 2,5-8,4) с максимальным значением на водосборе Орши около болота Васильевский Мох.

Выводы. Химический состав речных вод формируют два основных процесса. Первый характерен для ландшафтов с болотами верхового типа. Типичные повышенные значения гидрохимических параметров в них: органические вещества по ХПК, ПО, C_{орг}, цветность, Fe, в меньшей степени фенолов, которые проявляют четкую корреляционную связь между собой. Наиболее яркие примеры таких рек: Осеченка, Тьмака, Созь и Орша. Влияние на пути озер сказывается в снижении в воде концентрации Fe, например, оз. Пено, реки Осуга и Страчка, Ивановское водохранилище. Второй основной формирующий процесс – влияние подземных вод, залегающих в известняковых породах и подпитывающих вышележащие горизонты. Он проявляется в повышении минерализации речных вод (реки Кимрка, Молога, Решетиха) и содержании макрокомпонентов – Ca, Mg, реже Na, SO₄. Их концентрации четко коррелируют между собой и с содержанием F, слабее с Sr и P. В большинстве рек такого четкого проявления ведущего процесса не наблюдается. Повсеместно определяет качество воды Mn, генезис которого весьма разнообразен, но в большей степени имеет природный фактор, о чем говорит средней силы корреляционная связь с ПО и Si. Несколько уступает ему по концентрациям также широко распространенный Zn. Для более четкой интерпретации происхождения и миграции этих элементов требуются дальнейшие исследования. Полученные гидрохимические характеристики можно считать природными фоновыми в первом приближении для этого региона и летнего сезона.

Работа выполнена по ГЗ АААА-А19-119021990093-8 (FMGE-2019-0007).

Литература

1. Атлас Калининской области. М.: ГУГК, 1964. 35 с.
2. Дорофеев А.А., Хохлова Е.Р. Ландшафты Тверской области. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2016. 120 с.
3. Муравьева Л.В. Районирование территории Тверской области по степени заболачивания для целей мониторинга болот // Вестник ТвГУ. Серия «География и геоэкология», 2012. Вып. 1 (10). No 30. С. 47-57.
4. Природные ресурсы Калининской области. Ландшафты. М 1:500000. Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа», 1985 г.
5. Shaporenko S.I., Kuzovlev V.V., Terentyev I.I. (2006): Hydrological and hydrochemical investigations on the Upper Volga River // Proceedings of Freshwater Research. Vol. 1. Upper Volga Expedition 2005. Technical Report. Pp. 15-75.