

Грант Российского научного фонда
«Комплексная гидроэкологическая диагностика и мониторинг
экологических рисков питьевого и рекреационного водопользования
территории Верхнедонского бассейна»
(проект № 20-17-00219, руководитель – профессор С.А. Куролап)

Основные результаты I этапа (2025 год)

Актуальность проблемы охраны водных ресурсов определяется приоритетами экологической политики России (Указ Президента России от 19.04.2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года»), свидетельствующими о важности проблем «чистой воды» и рационального водопользования в масштабе страны. Особенно значимы эти проблемы для вододефицитных регионов, к которым относится территория бассейна Верхнего Дона в пределах Центрально-Черноземного региона, что связано с прогрессирующим загрязнением водных ресурсов вследствие интенсивного хозяйственного воздействия и общим снижением безопасности питьевого и рекреационного водопользования для населения.

Целью проекта является совершенствование системы экологической безопасности водопользования на основе комплексной гидроэкологической диагностики, а также мониторинга экологических рисков питьевого и рекреационного водопользования на территории бассейна Верхнего Дона. Значимость и масштабность проблемы связаны с комплексным решением следующих основных задач, предусмотренных в ходе выполнения проекта: 1) разработка унифицированной методики комплексной гидроэкологической диагностики состояния источников хозяйственно-питьевого водопользования и объектов водной рекреации с её апробацией на территории Верхнедонского бассейна; 2) формирование информационного фонда гидроэкологических данных по качеству воды источников централизованного и децентрализованного (скважины, колодцы, колонки, родники) хозяйственно-питьевого водопользования и участков водной рекреации на территории региона; 3) сопряженная оценка качества воды источников централизованного, децентрализованного и рекреационного водопользования по результатам органолептического, гидрохимического и микробиологического анализов; 4) сравнительная оценка вклада природных и техногенных факторов в формирование качества водных ресурсов; 5) количественная оценка экологических рисков для здоровья населения, связанных с состоянием водопользования; 6) исследование закономерностей пространственно-временной динамики инфекционной и неинфекционной заболеваемости населения, ассоциированной с водным фактором (качеством питьевой воды и водоемов рекреационного назначения); 7) создание геоинформационно-аналитической системы для обеспечения математико-картографического моделирования, мониторинга водных экологических рисков с элементами алгоритмов искусственных нейронных сетей для анализа показателей качества водных ресурсов и обоснования приоритетности водоохраных мероприятий на конкретных локальных водохозяйственных участках; 8) разработка основных направлений региональной водохозяйственной политики для обеспечения экологической безопасности водопользования на территории Верхнедонского бассейна. В работе предусмотрены методы экологической гидрохимии, микробиологии и оценки риска для здоровья населения, связанного с водным фактором. Интегрирующим инструментом для анализа и обеспечения мониторинга экологических рисков здоровью населения будут служить геоинформационно-аналитические технологии. На первом этапе апробация методов и подходов осуществляется на примере базовой Воронежской области с последующим распространением на другие области региона.

На первом этапе (отчетный период 2025 года) разработана методика гидроэкологической диагностики объектов водопользования, сформированы основные тематические базы данных показателей, осуществлены обработка и анализ полученных данных.

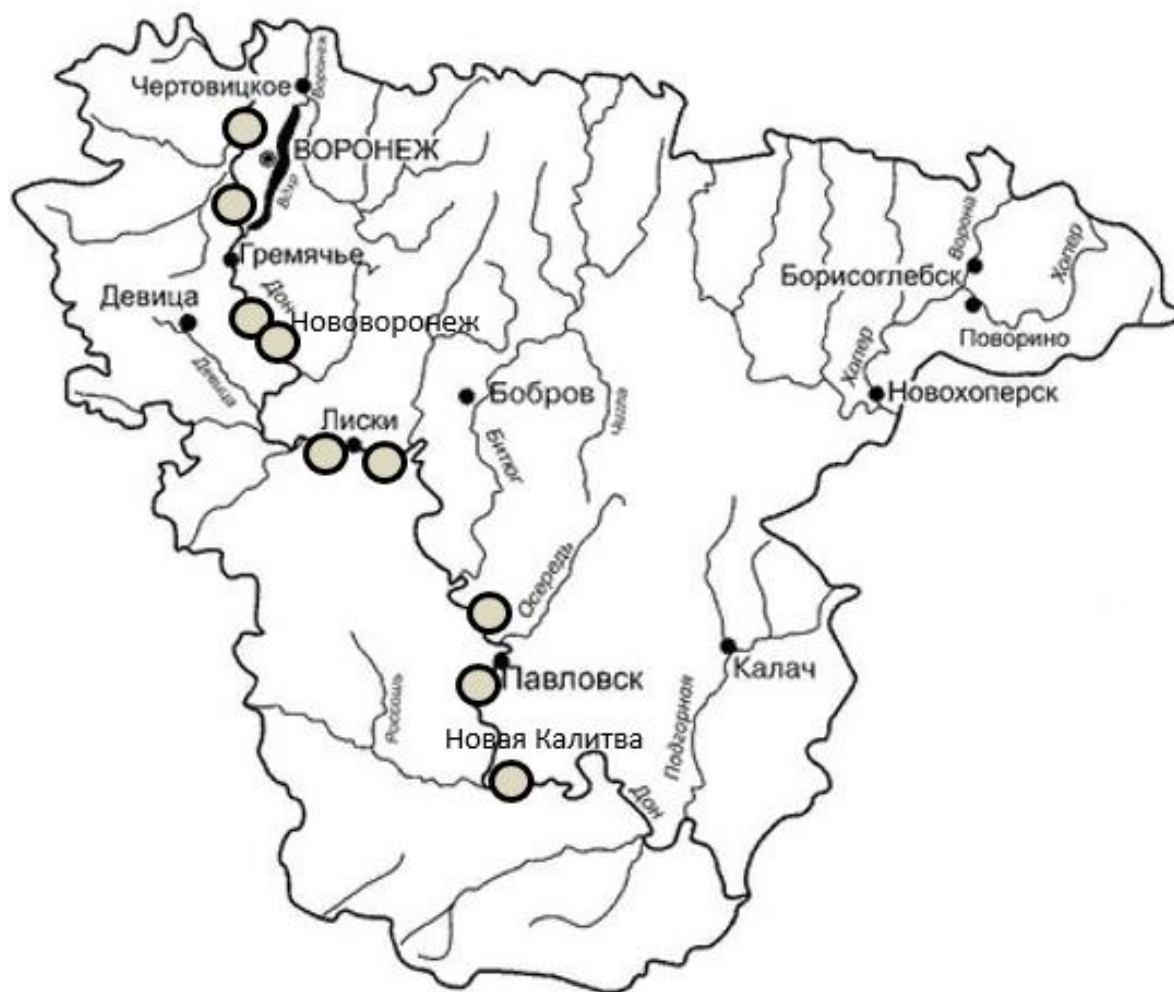
Разработанная методика гидроэкологической диагностики объектов водопользования, включает сочетание: 1) методов гидроэкологических исследований (выбор репрезентативных пунктов наблюдений, отбор и анализ проб воды), формирование информационного фонда показателей качества воды по органолептическим, химическим и микробиологическим показателям в системе централизованного водоснабжения (источники и разводящая сеть), в источниках децентрализованного хозяйственно-питьевого водопользования (скважины, колонки, колодцы, родники), в объектах водной рекреации; 2) социологического опроса жителей региона о качестве питьевой воды; 3) методов количественной оценки риска для здоровья, связанного с употреблением питьевой воды из различных источников (централизованных и децентрализованных) и рекреационным водопользованием; 4) методов балльной оценки водно-рекреационного потенциала; методов вероятностно-статистического анализа данных (корреляционного, регрессионного, кластерного анализа и приемов геоинформационного картографирования в среде MapInfo показателей рисков водопользования для зонирования территорий по частным и интегральным показателям; 7) алгоритма построения сверточной нейронной сети для интегральной оценки объектов водопользования (показателя интегрального риска), включающего разработку правил обучения нейронной сети в части определения весовых коэффициентов значимости отдельных факторов в формировании интегрального риска и обоснования её топологии.

Создан информационный фонд гидроэкологических данных и данных заболеваемости населения, ассоциированной с водным фактором, в динамике за последние 10 лет (2015-2024) по Воронежской области, который включает базы данных первичных показателей для создания тематических ГИС «Качество воды в местах рекреационного водопользования населения» по первичным материалам испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» за 2025 г.; базы данных о качестве воды по санитарно-химическим, микробиологическим, паразитологическим и вирусологическим показателям в водных объектах в 57 местах рекреационного водопользования на 29 водных объектов территории Воронежской области, включающие информацию об 1425 проб воды, базу данных «Качество воды в источниках питьевого водопользования (централизованных) за 2024-2025 гг, включающую информацию о 6 приоритетных санитарно-химических показателях (содержание бора, железа, показатель жёсткости, содержание марганца, нитратов, фтора) и о 4-х микробиологических (ОКБ, Escherichia coli, энтерококки, ОМЧ) в разрезе 34 территориальных административных единиц Воронежской области (общее число результатов анализов по 10 показателям – 41746) по результатам ведения государственного социально-гигиенического мониторинга, которая дополнена информацией о качестве воды по децентрализованным источникам, полученным в ходе авторских исследований; базу данных «Заболеваемость населения, обусловленная водным фактором», включающую информации о числе зарегистрированных случаев неинфекционной (мочекаменная болезнь, болезни кожи и подкожной клетчатки, метгемоглобинемия) и инфекционной (дизентерия Флекснера, сумма ОКИ, ОКИ установленной этиологии, ОКИ неустановленной этиологии, вирусные гепатиты А и Е) заболеваемости населения Воронежской области в 2024 году по 34 административным единицам Воронежской области.

Составлен реестр объектов водной рекреации (57 мест массового отдыха населения у воды), проанализированы показатели качества воды на соответствие требованиям гигиенических нормативов, а также информация для балльно-рейтинговой оценки комфортности и безопасности мест рекреационного водопользования населения.

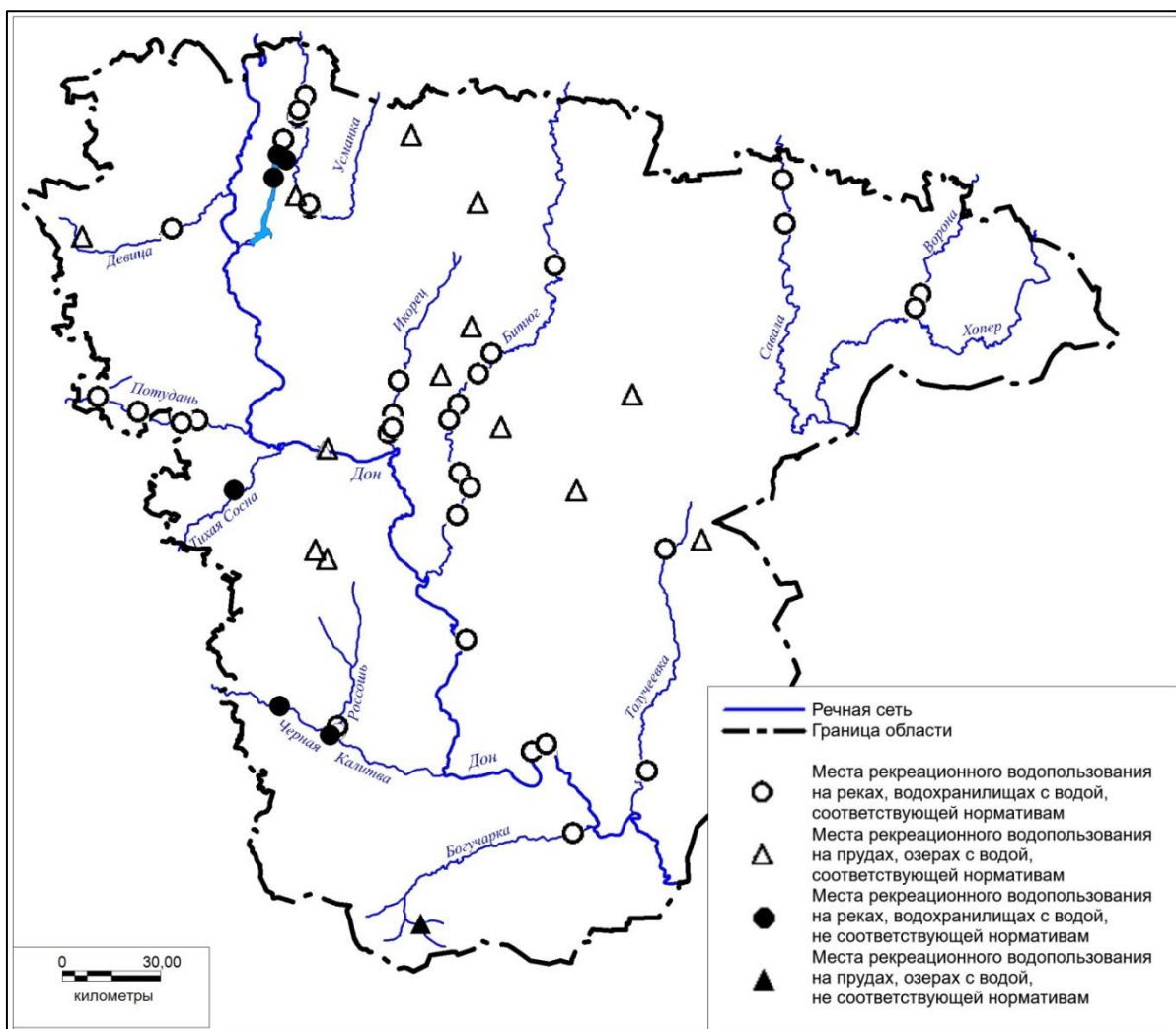
Разработаны математико-статистические модели, иллюстрирующие расчеты рисков для здоровья населения, связанно с качеством рекреационного и питьевого водопользования,

а также закономерности формирования рисков в системе "водный фактор-заболеваемость населения" (на примере базовой Воронежской области), а также геоинформационно-аналитические (картографические) модели пространственных экологических рисков водопользования на территории Воронежской области.



Номер точки	Наименование створа
1	р. Дон – г. Воронеж, 1,5 км выше г. Семилуки
2	р. Дон – г. Воронеж, 11 км к юго-западу от г. Воронеж, в черте с. Малышево
3	р. Дон – г. Новovoronezh, 2,8 км к западу от города, в черте д. Пашеньково
4	р. Дон – г. Новovoronezh, 2,5 км к юго-западу от г. Новovoronezh, 0,4 км ниже паромной переправы
5	р. Дон – г. Лиски, 1 км выше города, 2 км выше ж/д моста
6	р. Дон – г. Лиски, в черте города, 1 км ниже автомобильного моста
7	р. Дон – г. Павловск, 7 км выше города, у автомобильного моста
8	р. Дон – г. Павловск, 1 км ниже города
9	р. Дон – с. Новая Калитва

Расположение точек контроля в мониторинге гидрохимических показателей воды реки Дон (с севера на юг, вниз по течению нумерация с 1-ой по 9-ую)

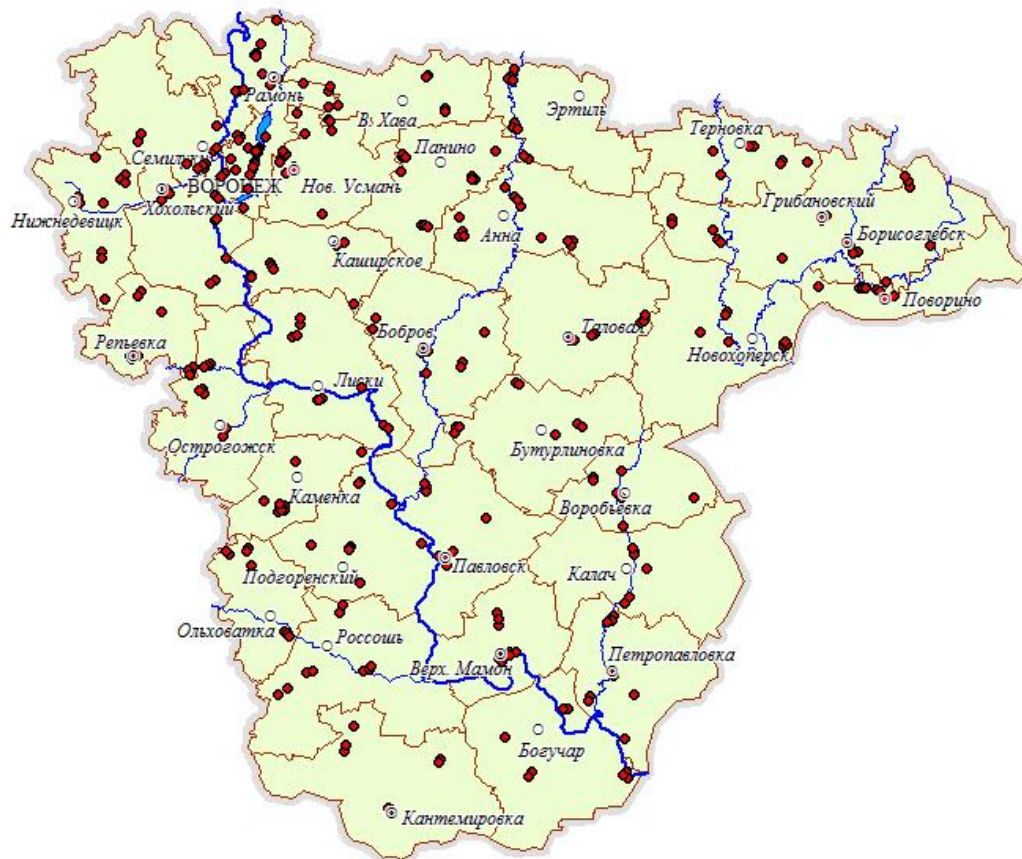


Места рекреационного водопользования населения Воронежской области

Согласно паспортизации 57 мест массового отдыха у воды на территории Воронежской области, большинство их относится к средней вместимости – от 200 до 1000 человек. Площадь пляжной зоны у береговой полосы составляет от 450 до 42250 м². Рекреационная нагрузка в местах массового отдыха у воды (по ГОСТ Р 58737-2019 «Места отдыха на водных объектах») оценивается по нормативной площади пляжа и площади акватории, используемой для купания, на одного отдыхающего (не менее 8 м²/чел.), а также по минимальной протяженности береговой полосы на одного посетителя (не менее 25 м/чел.). В летний период, в ясные солнечные дни, особенно, если благоприятные погодные условия для купания совпадают с выходными днями, на многих пляжах данные показатели рекреационной нагрузки превышают нормативы, что также приводит к ухудшению качества воды. Установлено, что из 57 мест рекреационного водопользования на территории Воронежской области качество воды в 3-х местах на 1 водном объекте (Воронежском водохранилище) из числа анализируемых санитарно-химических характеристик не соответствовало требованиям по показателям химического потребления кислорода – превышение норматива до 1,31 раза, запаху, плавающим примесям. По микробиологическим показателям (определялись общие колиформные бактерии, *Escherichia coli*) несоответствие гигиеническим нормативам отмечалось в 8 местах рекреационного водопользования на 4 водных объектах (Воронежское водохранилище, реки Черная Калитва, Федоровка, Тихая Сосна).

Расчеты рисков для здоровья, связанного с присутствием нитратов в питьевой воде из системы централизованного водоснабжения, показали, что из числа рассматриваемых групп

населения (дети, подростки, взрослые) для детского населения в 4 районах Воронежской области (Рамонском, Каширском Лискинском и Верхнемамонском) риск характеризуется как настораживающий (НҚ от 1,10 до 2,24).



Местоположение точек отбора проб воды для гидрохимических исследований воды источников децентрализованного водопользования

Отдельного внимания заслуживает разработанная и апробированная участниками проекта унифицированная методика комплексной геоэкологической диагностики состояния источников децентрализованного хозяйственно-питьевого водопользования на территории крупного агропромышленного региона, отличающаяся сопряженным учетом гидроэкологических показателей качества питьевых вод, критериев экологических рисков для здоровья населения с использованием геоинформационных технологий. Унифицированность предложенной методики заключается в том, что обоснование выбора приоритетных показателей и алгоритмов их анализа может быть использовано для других территорий с учетом их специфики, при этом перечень показателей может изменяться, однако, алгоритмы останутся прежними.

Оценка состояния децентрализованных источников позволила дать комплексную оценку их качества воды на селитебных территориях Воронежской области:

а) повышенные значения органолептических показателей косвенно свидетельствуют о загрязнении исследованных децентрализованных источников, так как установлено, что качество питьевой воды не соответствует гигиеническим нормативам по интенсивности вкуса (12,5 %) и запаха (11,54 %), цветности (9,62 %) и наличию недопустимого в воде осадка (8,65 %);

б) результаты химического анализа показали, что из 302 исследованных проб наибольший процент удельного веса, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормам, отмечается по нитратам (30,29 %), солям жесткости (28,37 %), аммонийному азоту (12,5 %) и железу (5,8 %); максимальные превышения ПДК для источников зафиксированы по содержанию нитратов (до 11,23 раза), железа (до 5,51 раза), аммонийного азота (до 5,27 раза), общей жесткости (до 3,05 раза) и минерализации (до 1,29 раза);

в) оценка качества питьевой воды на эпидемиологическую безопасность показала, что 31,8 % проб опасны для здоровья людей, так как не соответствует нормативам по микробиологическим показателям: ОМЧ – 18 %, ОКБ – 27 %, ТКБ – 9 %.



Отбор и лабораторный анализ проб воды из источников децентрализованного водопользования

Оценка рисков на здоровье населения показала, что около 55,8 тыс. жителей региона употребляют воду ненадлежащего качества. Среди общей численности населения Воронежской области доля детей, подверженных риску, составляет 4,1%, взрослых - 2,5%.

В качестве мероприятий, направленных на минимизацию рисков для здоровья населения, на основании выявленной структуры загрязнения рекомендуется: модернизация сооружений водоподготовки на водозаборных узлах с упором на технологии умягчения (например, реагентное умягчение, ионный обмен или нанофильтрация для снижения концентраций кальция и магния) и обезжелезивания (аэрация с последующей фильтрацией, использование каталитических загрузок); замена старых водопроводных сетей, усиление контроля за локальными источниками водоснабжения.

Направления дальнейших исследований должны быть ориентированы на создание региональной сети постов гидроэкологического мониторинга питьевого водопользования и обоснование методов более детальной пространственной дифференциации территорий экологических рисков водопользования.

Руководитель проекта : доктор географических наук, профессор С.А. Куропат
Основные исполнители проекта : доктор биологических наук, профессор О.В. Клепиков,
кандидат химических наук, доцент Т.И. Прожорина