

**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.

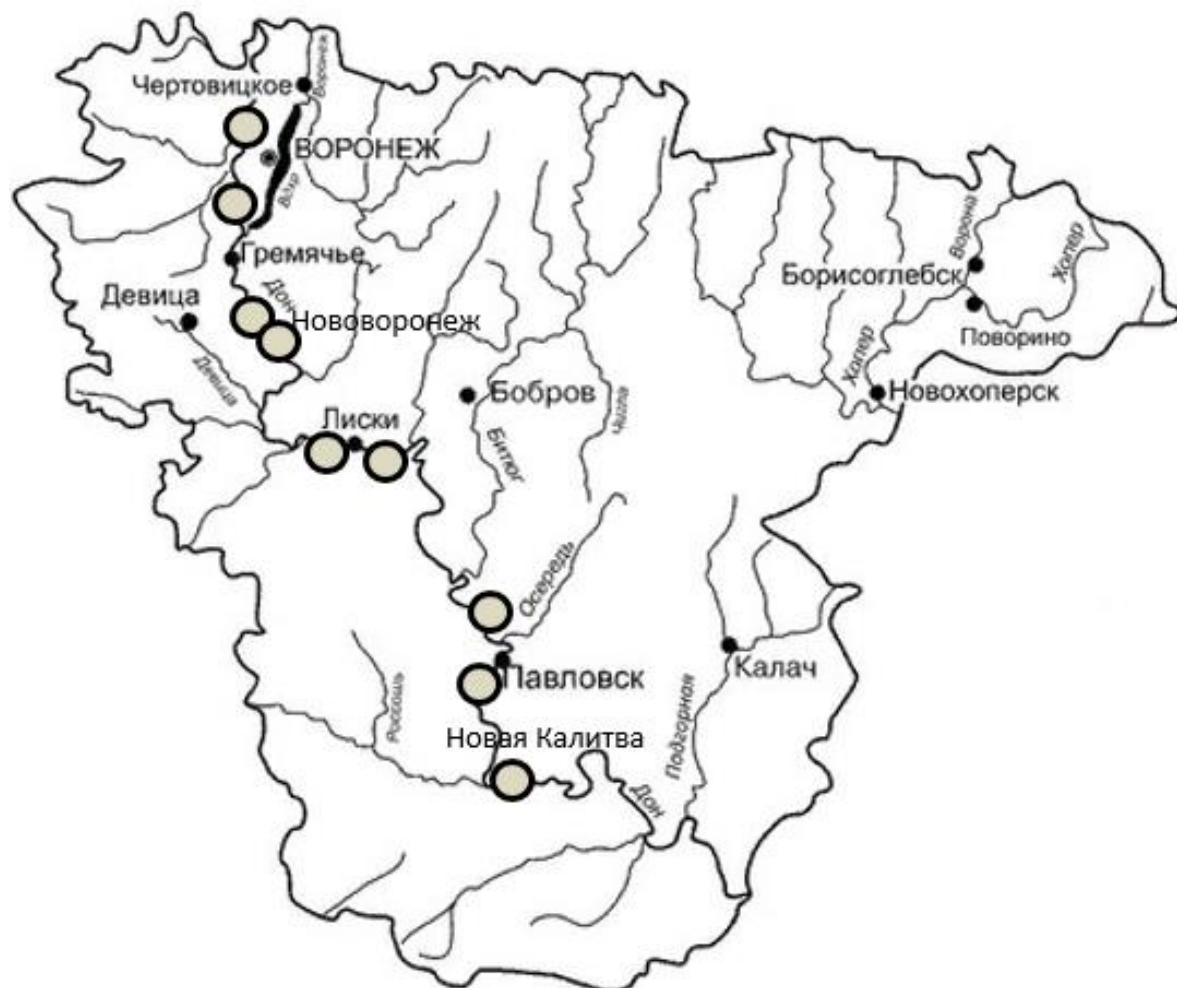
Разработанная методика гидроэкологической диагностики объектов водопользования, включает сочетание: 1) методов гидроэкологических исследований (выбор репрезентативных пунктов наблюдений, отбор и анализ проб воды), формирование информационного фонда показателей качества воды по органолептическим, химическим и микробиологическим показателям в системе централизованного водоснабжения (источники и разводящая сеть), в источниках децентрализованного хозяйствственно-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 водоно-рекреационного потенциала; методов вероятностно-статистического анализа данных (корреляционного, регрессионного, кластерного анализа и приемов геоинформационного картографирования в среде MapInfo показателей рисков водопользования для зонирования территории 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 пробах 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 информацию 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.

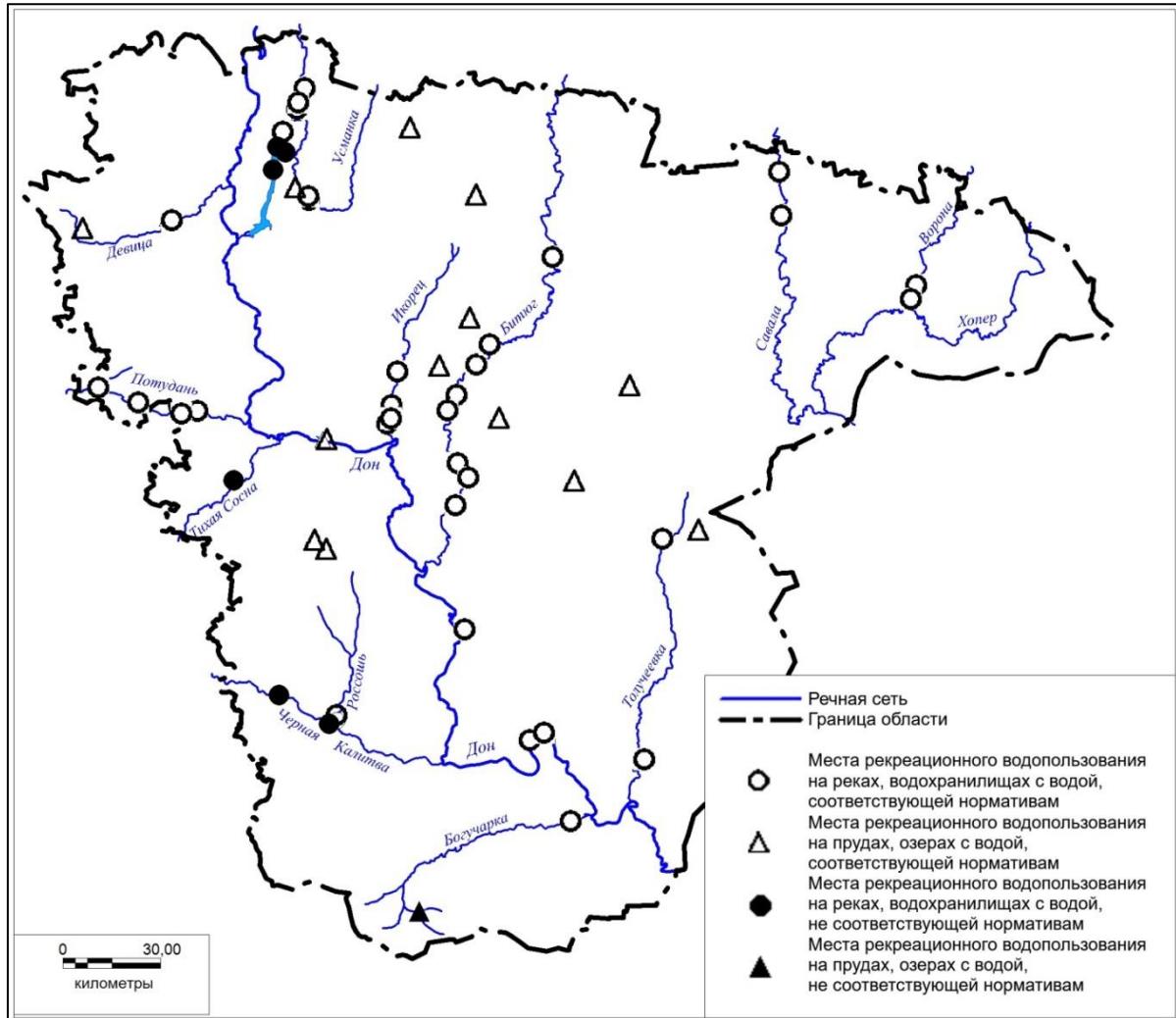
Разработаны математико-статистические модели, иллюстрирующие расчеты рисков для здоровья населения, связанно с качеством рекреационного и питьевого водопользования,

а также закономерности формирования рисков в системе "водный фактор-заболеваемость населения" (на примере базовой Воронежской области), а также геоинформационно-аналитические (карографические) 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. Нововоронеж, 2,8 км к западу от города, в черте д. Пашеньково
4	р. Дон – г. Нововоронеж, 2,5 км к юго-западу от г. Нововоронеж, 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)*

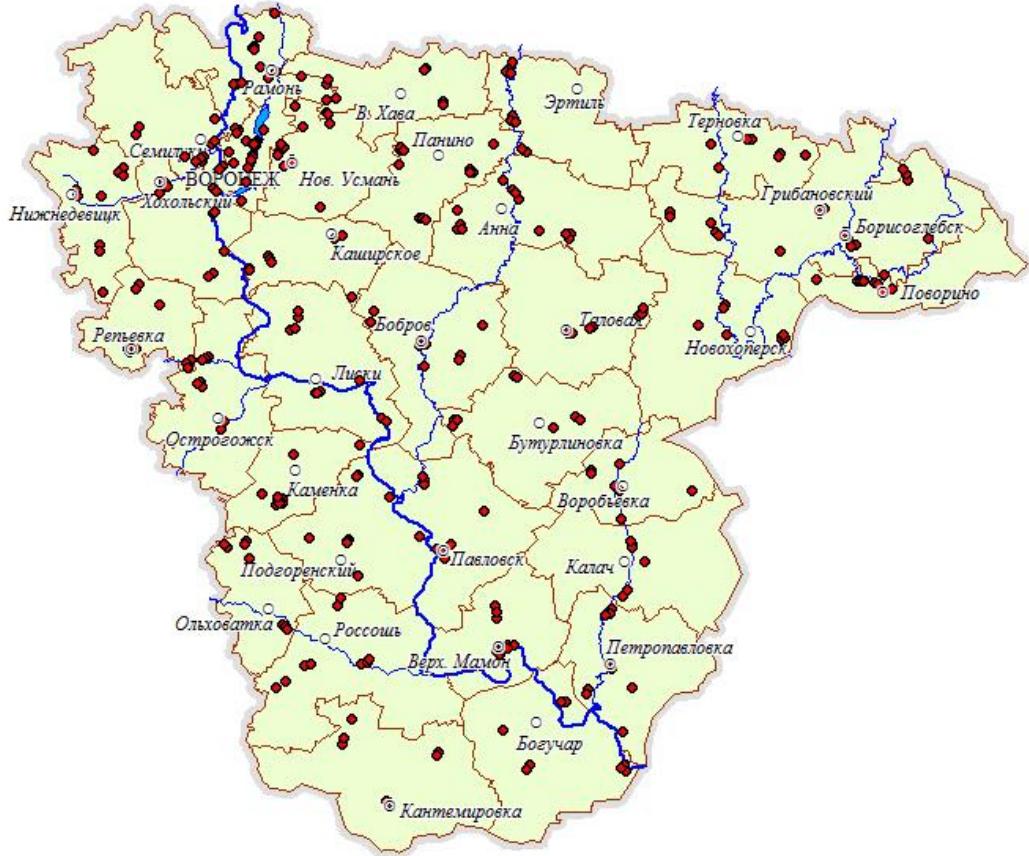


### Места рекреационного водопользования населения Воронежской области

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 м<sup>2</sup>. 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 м<sup>2</sup>/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 (определенались 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 (HQ 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. Куролап*

*Основные исполнители проекта : доктор биологических наук, профессор О.В. Клепиков,  
кандидат химических наук, доцент Т.И. Прожорина*