

*На правах рукописи*

**Гринчак Ольга Александровна**

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ, СОЗОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГО-  
ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОДНИКОВ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО  
ПОДЕСЕНЬЯ**

1.5.15. – Экология (биологические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Махачкала – 2024

Работа выполнена на кафедре географии, экологии и землеустройства ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

Научный руководитель: Анищенко Лидия Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», профессор кафедры географии, экологии и землеустройства

Официальные оппоненты: Олькова Анна Сергеевна, доктор биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», профессор кафедры экологии и природопользования

Сигора Галина Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», доцент кафедры техносферной безопасности

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет»

Защита диссертации состоится «17» июля 2024 года в 16:00 часов на заседании диссертационного совета Д 002.267.ХХ (24.1.477.02) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук по адресу 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45, конференц-зал (каб. 207), e-mail: dsdfitsran@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке по адресу: 367030, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 75 и на официальном сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук <http://www.dncran.ru/static?id=%20175>, а также на сайте ВАК Минобрнауки РФ: [vak.minornauki.gov.ru](http://vak.minornauki.gov.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

Г. А. Садыкова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Климатические условия и рельеф Брянской области благоприятствовали образованию густой речной сети – 0,37 км/км<sup>2</sup>, которая превышает средний по ЦФО (0,18 км/км<sup>2</sup>) и по Российской Федерации (0,26 км/км<sup>2</sup>). Из 2867 зарегистрированных на территории Брянской области рек общей протяжённостью 12,89 тыс. км около 2,6 тыс. (91%) относятся к малым рекам, ручьям и ключам, протяжённостью менее 10 км [Постановление от 28.11.2008 №1086..., 2008]. Ввиду формирования мощных месторождений изливаемых напорных подземных вод на территории староосвоенного региона весьма многочисленны и родники, формирующиеся в условиях Брянского ополья, характеризующегося сложностью ландшафтной структуры, и, одновременно, уязвимостью биоты природниковых урочищ [Ахромеев, 2008].

Родники – уникальные природные объекты, несущие значительную научную ценность, в Среднем Подесенье мало изученные с эколого-биологических, биоресурсных и биоиндикационных позиций. Сообщества, развивающиеся около родников, имеют экотонный статус, как часть урочищ родники участвуют в формировании биоразнообразия биоты биогеоценозов, складывающихся возле них [Зелёная книга Брянской области ..., 2012]. Всплеск видового разнообразия в природниковых урочищах закономерен, особенно в условиях Брянской области, территориально охватывающей три природные зоны. Велико рекреационное значение родников и местности около них, поэтому как центральный компонент окружающих их ландшафтов источники усиливают пейзажное значение ландшафта. В последнее десятилетие возрождается использование родниковой воды в религиозно-культурных обрядах; повсеместно сохранилось утилитарное значение родников [Буймова, 2006; Эльпинер, 2013; Vatool et al., 2018].

Биота родниковых урочищ (РУ) в Среднем Подесенье не становилась объектом изучения, тем более для биодиагностики и выявления характерных видов и сообществ для международных программ по биоразнообразию. Для повышения средообразующей роли родников в ландшафтных комплексах, оценки хозяйственно-бытового использования, охраны и оптимизации рекреационного использования родников дан анализ эколого-биологических аспектов, эколого-химических характеристик, разработаны и оценены информационные экомониторинговые базы на предмет использования в арбитражных целях, организации экологического туризма, экологически безопасного водопользования, природоохранных мероприятий, расширения экопросвещения. Территория Среднего Подесенья староосвоена, поэтому целесообразно выявить участки растительного покрова ручьёв, ключей являющихся в эколого-биологическом плане эталонными, использовать их для оценки степени нарушенности местообитаний, для составления долговременных перспективных прогнозов изменения растительного покрова природниковых урочищ. Комплексных исследований родников и родниковой растительности и флоры в Среднем Подесенье – Брянской области – не проводилось, десятилетний мониторинг необходим не только в целях инвентаризации и био- и экомониторинга, но и для сохранения национального богатства и культуры, вследствие чего данные исследования весьма актуальны.

**Степень разработанности темы.** Данное исследование базируется на концепциях в области изучения подземных вод и источников, разработанных Овчинниковым А.М. (1955), Максимовичем Г.А. (1964), Ланге О.К. (1969), Мариновым Н.А. и Толстихиным Н.И. (1973), Киссиным И.Г. (1976), Максимовым В.М. (1979) и другими исследователями. За последние 15 лет исследован гидрохимический состав родников отдельных регионов РФ, изучены геоэкологические особенности родников, рассмотрены нормативно-правовые основы охраны родников от загрязнения, описано рекреационное значение родников. Большое внимание изучению родников уделяется в странах ближнего и дальнего зарубежья. Научные исследования по изучению родников городских и сельских поселений Брянской области реализуются с 2012 г. на базе лаборатории «Мониторинга сред обитания» БГУ имени академика И.Г. Петровского для разработки и реализации программ рационального природопользования.

**Цель работы** – выявить основные эколого-биологические, эколого-химические характеристики родников городских и сельских поселений в пределах Брянской области и их

влияние на динамику экологических факторов, характер видового состава флоры и структуры растительных сообществ родниковых урочищ.

#### **Задачи исследования:**

1. Представить анализ предпосылок к мониторинговым исследованиям родников в Нечерноземье РФ, организации биоиндикационного, флористического и геоботанического, эколого-биологического и экологического мониторинга выходов подземных вод.

2. Изучить особенности и характеристики видового состава флоры, растительных сообществ родниковых урочищ в целях биодиагностики, проспективного долговременного биомониторинга.

3. Выявить биоиндикационные качества модельных видов прибрежно-водных растений по биохимическим показателям, особенности биотестовых реакций биосистем на родниковые воды.

4. Оценить экологическое состояние (органолептические, геохимические и гидрохимические показатели) вод родников Брянской области во временном аспекте; экологические особенности родниковых урочищ по степени антропогенной нагрузки.

5. Определить показатели индикаторов антропогенной нагрузки в водах родников Брянской области и разработать алгоритм химической составляющей экомониторинга вод родников.

6. Апробировать методику выделения особо охраняемых природных территорий (ООПТ) с использованием биологических и экомониторинговых показателей; выделить дополнительные родниковые урочища для внесения в реестр ООПТ Среднего Подесенья.

7. Создать гибкую информационную экомониторинговую базу данных «Атлас родников Брянской области» для решения вопросов фиксации результатов экомониторинга, экологического арбитража, развития экотуризма по результатам маршрутного обследования с картированием и паспортизации родников.

#### **Научная новизна исследования.**

1. За более чем 50-летний период эколого-биологических исследований на территории впервые установлены особенности растительного покрова родниковых урочищ в Среднем Подесенье: дана характеристика флоры и особенности растительных сообществ. Выявлены надёжные показатели для биоиндикации на 7 модельных растениях в проспективном биомониторинге – по динамике биологически активных веществ. Даны обоснования для использования биотеста по флуктуирующей асимметрии – *Sagittaria sagittifolia* L.

2. Впервые для Нечерноземья РФ обобщены экомониторинговые данные 280 родников Среднего Подесенья: локализация, гидрохимическое состояние, практическое использование, созология, эколого-биологические характеристики природниковых и родниковых сообществ; создана и обновляется экомониторинговая база данных «Атлас родников Брянской области» на основе эколого-биологических и химических показателей.

3. Предложены базовые биоиндикаторные показатели родниковых вод. Выявлены особенности динамики родниковых вод территории городских и сельских поселений Брянской области. Рассчитана годовая равновесная доза от радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  при алиментарном поступлении.

4. Обоснована динамичность химического состава вод стратегически значимых родников города Брянска по сезонам года. Доказан антропогенный характер содержания нитрат-ионов в воде на основе расчёта степени гемеробности.

5. Впервые для района исследований апробирована методика выделения особо охраняемых природных территорий (ООПТ) с участием, как ядра, родников – обобщены сведения о внесении в реестр ООПТ 9 родников. Объявление родников в статусе ООПТ позволит также сохранить их как ключевые орнитологические территории области. Для местообитаний родников описаны редкие и эталонные сообщества, бриоценозов и водных ценозов как ключевых экологических территорий в экологическом каркасе.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

1. На основе эколого-биологического анализа растительного покрова родниковых урочищ создана база для мониторинга, инвентаризированы известные и установлены новые местонахождения растительных сообществ. Обновлена база «Зелёной книги Брянской

области», продолжены наблюдения за редкими видами и видами мониторингового списка региональной Красной книги.

2. Научные данные по родникам, ручьям и ключам положены в основу базы данных «Атлас родников Брянской области»: база данных предназначена для составления прогнозов динамики лотических экосистем, организации экомониторинга, экспертных работ и арбитража по спорным вопросам эксплуатации родников, выработке рекомендаций по организации рекреации в природниковых местообитаниях и рекомендована для использования в научных и прикладных исследованиях, учебно-образовательном процессе, при формировании информационных отчётов.

3. Составлены тематические карты, несущие информацию о родниках Брянской области, как основа картографической базы био- и экомониторинга их состояния. Разработаны четыре экологических маршрута с участием родников, которые востребованы для формирования рекреационного имиджа Брянской области.

**Методология и методы исследования.** В основу диссертации легли результаты собственных экспедиционных и лабораторных исследований, проведённых в несколько этапов: 2012-2014 гг., 2015-2017 гг., 2019-2022 гг. Методы исследования: анализ литературных источников, сравнение и обобщение данных, маршрутный метод; лабораторно-химический метод, включающий определение органолептических, гидрохимических и гидробиологических показателей вод лотических экосистем; методики паспортизации и выделения ООПТ выходов подземных вод. В работе использованы стандартные методики и апробированные методики ГОСТа с последующей статистической обработкой результатов экспериментов.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Эколого-биологический анализ флоры и растительных сообществ природниковых урочищ в Среднем Подесенье имеет высокое биоиндикационное значение. Характерные черты флоры ручьёв, ключей в Среднем Подесенье – среднее видовое разнообразие, широкая представленность семейств с доминированием *Asteraceae*, *Rosaceae* и *Poaceae*, значительное географическое разнообразие элементов флоры. Пять родниковых урочищ – лимнокрен (выход родника и чаша со стенками), реокрен, гело-реокрен, природниковые леса – включают 6 классов, 8 порядков, 15 союзов, 23 ассоциаций, двух сообществ, субассоциацию и два варианта.

2. Биомониторинговые показатели фоновых видов растений при сочетанной антропогенной нагрузке включают определение динамики концентрации биологически активных веществ – индикаторов стресса – пероксидазы, глутатиона, полифенолоксидазы, общего азота в биомассе, каталазы, витамина Е. Используя фоновые виды растений (*Agrostis stolonifera*, *Scirpus sylvaticus*, *Rorippa amphibia*, *Alisma plantago-aquatica*, *Lycopus europaeus*, *Leptodictyum riparium*), можно установить на биохимическом уровне реакцию биообъектов, состояние биоты природниковых урочищ.

3. *Sagittaria sagittifolia* L. – чувствительный биоиндикаторный вид, который рекомендуется для проведения диагностических исследований водных и околоводных местообитаний с оценкой флуктуирующей асимметрии его листовых пластинок (5 признаков).

4. Эколого-химический маркер состояния вод – содержание нитрат-ионов. Разработанная матрица для оценки класса экологического состояния родников из 18 показателей геоэкологического, химического, фитотоксикологического, радиоэкологического анализов родниковых вод классифицирует родники по степени геоэкологической напряжённости и определяет график периодичности мониторинга родников.

5. Унифицированные данные экомониторинговых сведений эколого-химического состава и экологических показателей 280 родников староосвоенных ландшафтов Брянской области – основа экомониторинговой базы данных «Атлас родников Брянской области», используемой в настоящее время для составления прогнозов лотических экосистем, организации экомониторинга родников, экспертных работ и арбитража по спорным вопросам эксплуатации источников, выработке рекомендаций по организации рекреации в природниковых ландшафтах.

**Степень достоверности, апробация и внедрение результатов исследования.** Результаты исследований были представлены и обсуждались на ряде конференций и форумов, наиболее значимыми из которых являются XI и XII научная конференция «Комплексное

использование природных ресурсов» (Донецк, 2019, 2021), XVI Международная научно-техническая конференция «Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020)» (Уфа, 2020), VII Международная научно-практическая конференция «Проблемы экологии и экологической безопасности» (Минск, 2020), XI Международный конкурс научно-исследовательских проектов молодых учёных и студентов «Eurasia Green» (Екатеринбург, 2020), Международный молодежный научный форум «Ломоносов» (Москва, 2020, 2021), VII научно-практическая конференция с международным участием «Новые горизонты» (Брянск, 2020), Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона (Москва, 2020), the Xth International scientific conference «Actual environmental problems» (Минск, 2020), Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Рациональное природопользование – основа устойчивого развития» (Грозный, Махачкала, 2020), V Всероссийский молодёжный научный форум «Наука будущего – наука молодых» (Москва, 2020), X Международная научно-практическая конференция «Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная» (Брянск, 2021), Всероссийская конференция с международным участием и элементами научной школы для молодёжи «Экотоксикология – 2021» (Тула, 2021), Всероссийская конференция с международным участием «Динамика и взаимодействие геосфер Земли» (Томск, 2021), XV и XVI Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых учёных (Вологда, 2021, 2022), Национальная научно-практическая конференция с международным участием «Водные ресурсы – основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке» (Тюмень, 2022) и другие.

**Личный вклад автора.** Автором самостоятельно разработана программа и определена программа исследования родников городских и сельских поселениях Брянской области, проведены лабораторные и полевые исследования, лично осуществлён сбор, обработка и анализ материалов в 2016-2023 гг., сделаны выводы по результатам исследований, составлена база данных «Атлас родников Брянской области». Все статьи и работы написаны при личном участии не менее 75%.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликованы 37 работ, в том числе 4 – в журналах из Перечня ... ВАК РФ по специальности 1.5.15 Экология (биологические науки), 1 – в журнале, индексируемом в Scopus, и зарегистрирована база данных «Атлас родников Брянской области» (№2022620554 от 16.03.2022).

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованных источников, 8 приложений. Диссертация основана на анализе 332 источников, в том числе 50 – на иностранных языках. Основной текст диссертации изложен на 267 страницах компьютерного текста, иллюстрирован 114 таблицами и 127 рисунками. Общий объём работы с приложениями составляет 439 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Рассмотрено гидрогеологическое строение Брянской области [Шевченкова, 1992]. Приведена классификация родников [Маринов, Толстихин, 1973; Всеволожский, 1991; Васильева, 2009]. Рассмотрено утилитарное, рекреационное, ландшафтное, культовое значение родников [Швец и соавт., 1998; Назаров, 2002; Позднякова, 2011; Курбанов, Канкулова, 2015; Лукашевич, Чернышова, 2018 и др.]. Рассмотрены особенности гидрохимии родниковых вод, воздействия внешних и внутренних факторов на миграцию загрязнителей [Mikhailov, Mikhailova, 2015; Tshindane et al., 2019; Brezinski, Gorczyca, 2019] по результатам физико-химического анализа воды [Al-Khashman, 2007; Мелентьев и соавт., 2009; Соловьёва, 2014; Перекопская, Бондарь, 2015], биотестирования [Поспелова и соавт., 2011; Сазыкина и соавт., 2013]. Эколого-химические показатели родниковых вод определяются в основном составом разгружающихся подземных вод и общими гидрогеологическими условиями района [Hu et al., 2016; Mitryasova, Pohrebennyk, 2020]. Указана проблема повышенного содержания нитратов в водах родников [Lipponen et al., 2002; Brunato et al., 2003; Faust, 2004; Шкалик, Анкинович, 2013; Тюрина, Патрушев, 2018; Сигора и соавт., 2019; Merk et al., 2020]. Отмечено отсутствие сведений о флоре и растительности родниковых урочищ и их экологической приуроченности.

## 2 ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены на территории природных и урбанизированных ландшафтов Брянской области, расположенной в умеренно-континентальном климате на восточной окраине Полесской ландшафтной области Русской равнины [Природные ресурсы и окружающая среда..., 2007]. По геохимической классификации Перельмана А.И. (1975) Брянское ополье – ландшафт карбонатного (кальциевого) класса. Четвертичные отложения определены повсеместно, подстилающие породы – карбонатные породы верхнего мела, реже – песчаники палеоген-неогенового возраста. Речная сеть районов Брянской области принадлежит к Днепровско-Черноморскому бассейну, отличается значительной разветвлённостью и неравномерным размещением по поверхности.

## 3 МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ, МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследований – 280 родников с сопутствующими к биологическим показателям эколого-аналитическими данными состояния вод; 54 родника – на территории города Брянска и городского округа города Брянска (рисунок 1), 226 – на территории области (рисунок 2).

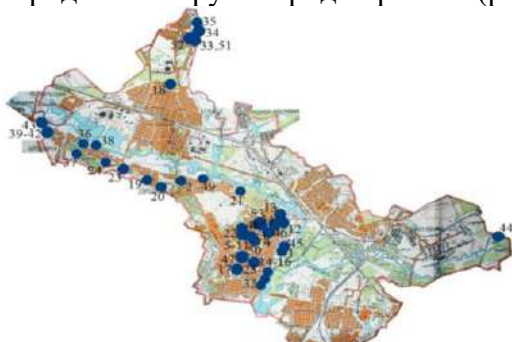


Рисунок 1 – Карта-схема расположения родников г. Брянска

Указания к рисунку: 1 – парк «Звёздный»; 2 – ост. Памятник Болгарским Патриотам, родник «Всё для вас»; 3,4 – Памятник природы регионального значения «Верхний Судок»; 5-11 – Памятник природы областного значения «Нижний Судок»; 12 – Святой источник «Тихвинский»; 13 – Святой источник, ул. Верхняя Лубянка; 14 – Святой источник «Подарь»; 15,16 – ул. Подарная; 17 – ул. Карачижская; 18 – мкр-н «Камвольный»; 19 – Городище, Святой источник Казанской иконы Божией Матери; 20 – Городище, Родник XIII века «Святой колодец»; 21 – Лесопарк «Роша Соловьи»; 22 – родник под стадионом БГИТУ; 23 – ул. Федюнского; 24 – Совхозный пр-д; 25-32 – ул. Сакко и Ванцетти; 33 – пос. Чайковичи, «Цыганский родник»; 34 – пос. Чайковичи, «Чайковичский родник»; 35 – пос. Чайковичи; 36 – пос. Бежичи, «Нижний родник»; 37 – пос. Бежичи, «Верхний родник»; 38 – пос. Бежичи; 39-43 – пос. Бордовичи; 44 – Святой источник иконы Божией Матери «Троеручница», пгт. Белье Берега; 45 – овраг «Нижний Судок»; 46 – овраг «Верхний Судок»; 47 – ул. Крапивницкого; 48 – ул. Грибоедова; 49 – ул. Городище; 50 – Памятник природы «Нижний Судок»; 51 – пос. Чайковичи; 52 – пос. Чайковичи, «Цыганский колодец»; 53 – ул. В. Сафроновой; 54 – ул. Октябрьская.

Природниковые урочища по степени антропогенной нагрузки разделили на 4 группы: родниковые урочища (РУ) с интенсивной антропогенной нагрузкой: 1.1 «придорожные» родники; 1.2 РУ староосвоенных сельскохозяйственных земель; 2 РУ в значительной степени испытывающие антропогенную нагрузку, в населённом пункте (крупном или среднем) или в радиусе 1,5-2 км от него; 3 РУ со слабым влиянием антропогенной нагрузки (родники в лесу, в балках, пластовые выходы подземных вод); 4 РУ со средней антропогенной нагрузкой – родники культовых мест. Флора и растительность изучалась маршрутным методом на пробных площадках, с фотофиксацией, обработка и эколого-биологический анализ флоры проводился по общепринятым позициям; видовые названия – по П.Ф. Маевскому (2014). Описания растительных сообществ осуществляли по методу Ж. Браун-Бланке [Braun-Blanquet, 1964] в естественных границах как наиболее показательным с экологической точки зрения. Определение синтаксономической принадлежности фитоценозов проводилось с использованием доступной современной синтаксономической литературы [Бобров, Чемерис, 2006; Vegetace..., 2011; Mucina et al., 2016]. Для определения характеристик флоры и растительности в ручьях (ключях) выделялись местообитания: лимнокрен – наполненная водой чаша выхода родника с частью ручья, 2 лимнокрен – стенки с сочащейся водой в чаше выхода родника, 3 реокрен – собственно родниковый ручей (вода, плёсы, перекаты), 4 гело-реокрен – ручей с родниковой топью, 5 природниковые леса.

Выявлялись биоиндикаторы по химическому составу модельных растений РУ: определяли пероксидазы, каталазы, полифенолоксидазы, общий азот, глутатион, витамина Е по стандартным методикам. Использована биомасса фоновых видов *Agrostis stolonifera* L., *Scirpus sylvaticus* L. *Rorippa amphibia* (L.) Bess., *Alisma plantago-aquatica* L., *Lycopus europaeus* L., *Leptodictyum riparium* (Schimp.) Warnst., *Marchantia polymorpha* L. Данные по биомониторингу с этими видами определены впервые по результатам обработки более 150 проб. Рассчитывали индекс флуктуирующей асимметрии (ИФЛА) с использованием *Sagittaria sagittifolia* L., ранее не используемого для диагностики состояния среды в Нечерноземье РФ, использованы 5 показателей листовой пластинки; отобрано 290 проб.



Для каждого родника определяли следующие параметры: характер (восходящий, нисходящий), связь с водными объектами, дебит, органолептические показатели воды, характер и качество оборудования родника [Виноградова, Иванова, 2013]. В процессе работы использовали стандартные методики ГОСТа (ГОСТ 12038-84, ГОСТ 17.1.3.07-82, ГОСТ 18309-2014, ГОСТ 24902-81, ГОСТ 2761-84, ГОСТ 31861-2012, ГОСТ 31866-2012, ГОСТ 33045-2014, ГОСТ 4011-72, ГОСТ Р 57164-2016), качество вод устанавливали в биотесте по *Chlorella vulgaris* L., по общему микробному числу (ОМЧ).

Строили карты месторасположения родников и отмечали их особенности с применением ГИС-технологий (ПО «Google Планета Земля»). Анализ результатов исследований для концентрации ионов осуществлён статистическими методами с использованием пакета MS Excel 2010 [Лакин, 1990; Муравьев, 2004].

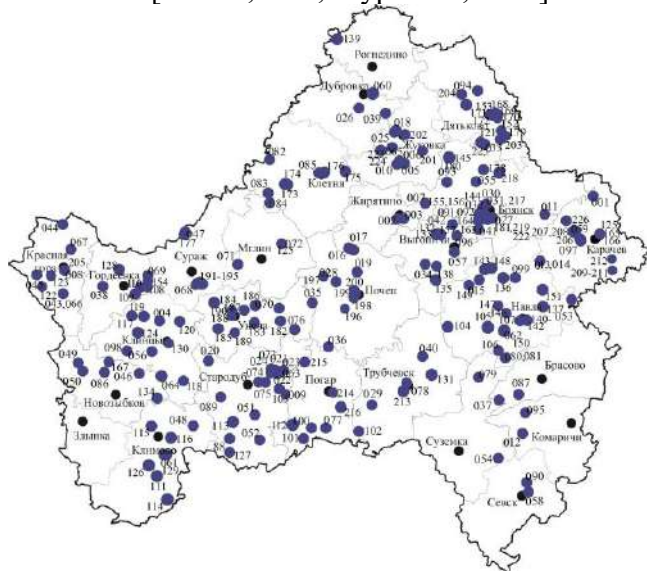


Рисунок 2 – Карта-схема расположения родников Брянской области

080,081 – пгт. Алтухово; 082 – д. Меловое; 083 – д. Болотня; 084 – д. Тельца; 085 – пгт. Клетня; 086 – с. Внуковичи; 087 – пос. Коммуна Пчела; 088 – с. Воронок; 89 – с. Чубковичи; 090 – пос. Новая улица; 091,092 – д. Добрунь; 093 – д. Смольный; 094 – пгт Ивот; 095 – пос. Пальцо; 096 – с. Скуратово; 097 – с. Трыковка; 098 – д. Кузнец; 099 – с. Чичково; 100 – пос. Чемерисовка; 101 – с. Гудовка; 102 – пгт. Белая Берёзка; 103 – д. Тютюри; 104 – с. Вздружное; 105 – пос. Глинное; 106 – ур. «Меловые горки»; 107 – пгт. Навля; 108 – с. Казаричи; 109 – с. Творишино; 110 – д. Чёрный ручей; 111 – д. Соловьёвка; 112 – с. Андрейковичи; 113 – с. Озёрное; 114 – пос. Забрама; 115 – с. Митьковка; 116 – с. Могилевцы; 117 – с. Лопатни; 118 – с. Медвёдово; 119 – ур. «Кожухово»; 120 – пос. Затишье; 121 – д. Денисовка; 122 – д. Кашковка; 123 – д. Любовшо; 124 – г. Тулуковщина; 125 – г. Карачев; 126 – с. Чолхов; 127 – с. Ломаковка; 128 – д. Новоновицкая; 129 – с. Покровское; 130 – г. Клиницы; 131 – с. Радутино; 132,133 – ур. «Паниковецкий холм»; 134 – с. Старый Кривец; 135 – д. Рясное; 136 – д. Приволье; 137 – д. Селище; 138 – д. Мякишево; 139 – ур. «Рясник»; 140-142 – пгт. Навля; 143 – с. Рёвны; 144 – с. Супонево; 145 – г. Сельцо; 146 – д. Липки; 147 – с. Алешинка; 148 – д. Мостки; 149 – д. Гаврилково; 150 – с. Партизанское; 151 – с. Бяково; 152-153 – г. Дятьково; 155,156 – д. Антоновка; 157-163 – д. Добрунь; 164 – д. Тиганово; 165,166 – г. Карачев; 167 – пос. Синявка; 168-172 – г. Дятьково; 173,174 – д. Добрая Корна; 175 – д. Новая Осиновка; 176 – пгт. Клетня; 177 – д. Фёдоровка; 178 – с. Дарковичи; 179 – д. Сосновка; 180 – пгт. Старь; 181 – с. Супонево; 182 – с. Рассуха; 183 – д. Чернятка; 184 – пос. Ольховый; 185 – д. Робчик; 186 – д. Пески; 187 – пос. Шевцов; 188 – г. Унеча; 189 – д. Нежданово; 190 – г. Унеча; 191-195 – д. Старая Кисловка; 196 – д. Бумажная фабрика; 197 – с. Старопочепье; 198-200 – г. Почеп; 201 – с. Овстуг; 202 – г. Жуковка; 203 – д. Неверь; 204 – д. Бытошь; 205 – пгт. Красная Гора; 206 – с. Трыковка; 207,208 – д. Одрина; 209-211 – д. Емельянова; 212 – д. Вильяминава; 213 – д. Телец; 214 – пгт. Погар; 215 – д. Балькино; 216 – д. Курово; 217 – с. Толмачево; 218 – ур. «Белая Круча»; 219-222 – с. Супонево; 223,224 – д. Никольская Слобода; 225 – ур. Васильевка; 226 – ур. «Фарба».

Указания к рисунку: 001 – д. Желтовожье; 002,003 – с. Жирятино; 004 – пос. Мельяковка; 005,006 – д. Задубравье; 007 – с. Страшевичи; 008 – пгт. Красная Гора; 009 – пос. Меловое; 010 – д. Задубравье; 011 – пгт. Белые Берега; 012 – д. Ольгино; 013,014 – пос. Тёплое; 015 – с. Гололобово; 016 – с. Шуморово; 017 – д. Тарутино; 018 – г. Жуковка; 019 – д. Игрушино; 020 – с. Запольские Халеевичи; 021 – д. Савенки; 022 – д. Невзорово; 023 – пос. Заболотье; 024 – пос. Жёлтая Акация; 025 – г. Жуковка; 026 – с. Алёшня; 027 – с. Супонево; 028 – с. Чопово; 029 – пос. Будимир; 030 – пос. Кузьмино; 031 – с. Толмачево; 032 – д. Антоновка; 033 – пгт. Любохна; 034 – д. Хмелево; 035 – д. Сибеки; 036 – д. Юрково; 037 – с. Холмечский Хутор; 038 – д. Старая Полона; 039 – с. Голубья; 040 – д. Комягино; 041 – с. Супонево; 042 – пос. Горицы; 043 – с. Городеня; 044 – д. Кибирщина; 045 – с. Летяхи; 046 – с. Белый Колодец; 047 – д. Фёдоровка; 048 – с. Чернооково; 049,050 – с. Новые Бобовичи; 051 – д. Обуховка; 052 – с. Понуровка; 053 – с. Гремячее; 054 – с. Добрунь; 055 – пос. Ивановка; 056 – д. Рудня-Голубовка; 057 – пгт. Выгоничи; 058 – пос. Новая улица; 059 – д. Рясники; 060 – с. Зимницкая Слобода; 061 – пгт. Климово; 062 – с. Партизанское; 063 – с. Меленск; 064 – д. Ольховка; 065 – пос. Гостиловка; 066 – с. Городеня; 067 – д. Макаричи; 068 – д. Старая Кисловка; 069 – д. Фёдоровка; 070 – с. Рассуха; 071 – д. Красная Ковалиха; 072 – д. Санники; 073 – с. Меленск; 074 – пос. Десятуха; 075 – с. Левенка; 076 – д. Новые Ивайтёнки; 077 – д. Марковск; 078 – г. Трубчевск; 079 – пос. Стеклянное;

#### 4 ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РУЧЬЁВ И КЛЮЧЕЙ В ИНДИКАЦИОННЫХ ЦЕЛЯХ

Флора и растительность впервые исследована на модельных 110 ручьях и ключах. Флора настоящих сосудистых растений представлена 166 видами, 125 родами и 58 семействами; отделы: *Equisetophyta* (3 вида), *Polypodiophyta* (4 вида), *Pinophyta* (2 вида) и *Magnoliophyta*. На одно семейство приходится 2,84 вида, на один род – 1,32 вида. По числу представленных видов преобладают семейства *Asteraceae*, *Rosaceae* и *Poaceae*; другие семейства, лидирующие по видам, – *Caryophyllaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Ranunculaceae*, *Salicaceae* (таблица 1). В 4 ведущих семейств входит 47 видов (29,7%). По системе С. Raunkiaer (1934) выявлено 6 жизненных форм: доминируют гемикриптофиты (52,78%); криптофиты (13,49%). Среди зональных элементов доминируют средиземноморско-бореальные и бореальные виды – 41,2%; среди долготных географических элементов – евразийские элементы (23,4%) и



циркумбореальные (28,3%). Общее число видов мохообразных в местообитаниях – 65 из 32 семейств; непосредственно формирующих бриофитные сообщества и ценозы с участием мохообразных – 21 (принадлежат к 12 семействам).

Наиболее распространённые виды – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Phalaroides arundinacea* (L.) Rausch., *Scirpus sylvaticus* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Sagittaria sagittifolia* L., *Butomus umbellatus* L., *Rorippa amphibia* (L.) Bess. Видов с умеренной встречаемостью – 22, среди них: *Glyceria fluitans* (L.) R. Br., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult., *Lemna minor* L., *Juncus ambiguus* Guss., *Salix triandra* L., *Polygonum amphibium* L., *Cardamine amara* L., *Equisetum fluviatile* L. Редкие виды, включённые в списки мониторинговых и охраняемых, помимо указанных, – *Nasturtium officinale* R. Br., *Montia fontana* L., *Iris pseudacorus* L., *I. sibirica* L., *Veronica anagallis-aquatica* L., *V. beccabunga* L. К инвазивным видам, за сообществами которых ведётся наблюдение, относятся – *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray, *Heraclеum sosnowskyi* Manden., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. Популяции видов в пределах РУ 1 и 2 группы формируют заросли, их распространение обусловлено и элементами гидрохории и повышением содержания нитрат-ионов, выявленных в водах подавляющего числа ручьёв и ключей.

Таблица 1 – Характеристики наиболее многочисленных семейств настоящих сосудистых растений во флоре ручьёв и ключей

Семейство	Число родов	Число видов	Примечание
<i>Asteraceae</i>	12	20	
<i>Rosaceae</i>	8	11	
<i>Gramineae</i>	7	8	
<i>Caryophyllaceae</i>	6	8	<i>Cucubalus baccifer</i> L., мониторинговый вид*
<i>Brassicaceae</i>	6	7	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br., редкий вид* <i>Lunaria rediviva</i> L., редкий вид*
<i>Lamiaceae</i>	5	7	<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds., мониторинговый вид*
<i>Ranunculaceae</i>	5	7	<i>Hepatica nobilis</i> Mill., редкий вид*
<i>Salicaceae</i>	2	7	

Примечание. \* Красная книга Брянской области, 2016.

Для выделения биоэкологических показателей и сходства видового состава для пяти местообитаний по кластерным диаграммам отмечены особенности (рисунок 3). По видовому составу растений выделяется кластер 3 – родниковые ручьи с растениями вод, плёсов, перекатов. В лимнокрене доминируют представители мохообразных, в природниковых лесах – сосудистые растения. Флористический состав кластера 4 – флоры гело-реокрена с доминированием видов гелофитной группы, многообразной по месторасположению образуют единую группу с видовыми кластерами 1, 5, 2. Дендрограмма сходства выявляет различия видового состава всех местообитаний РУ – свидетельство уникальности биотопов и своеобразия экологических условий.

Флора РУ, испытывающих слабое влияние сочетанной антропогенной нагрузки – родники в лесных сообществах, пластовые выходы грунтовых вод – обладают наибольшим своеобразием видового состава слагающих местообитания растений (рисунок 4).

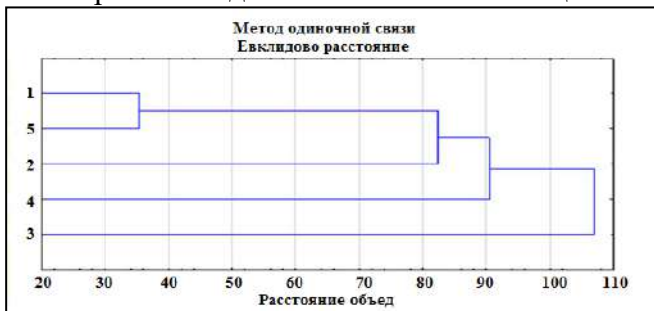


Рисунок 3 – Дендрограмма сходства флоры сосудистых растений местообитаний РУ

Указания к рисунку: 1 лимнокрен (чаша выхода родника), 2 лимнокрен (стенки с сочащейся водой), 3 реокрен, 4 гело-реокрен, 5 природниковые леса

урочища на староосвоенных сельскохозяйственных землях, обладают своеобразным составом флоры, который формируется при максимальной химической нагрузке на источники, пасторальную дигрессию, привнесение инвазивных растений, осушение грунтовых вод.

Однако в один кластер объединены родники группы 1.1, 2 и 1.2, что доказывает связь флористического состава родниковых урочищ и экзогенных факторов, присутствующих в том или ином местообитании.

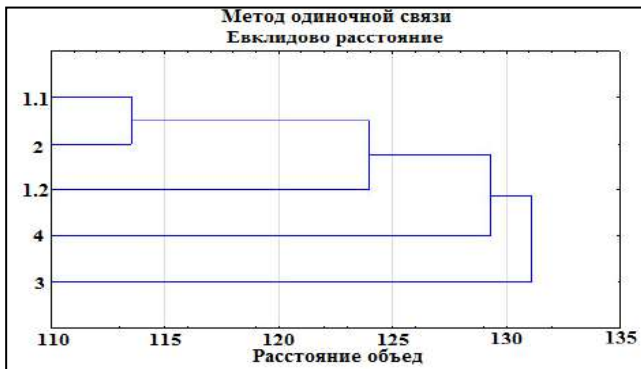


Рисунок 4 – Дендрограмма сходства флоры сосудистых растений РУ с различной антропогенной нагрузкой

географическое разнообразие элементов флоры.

В родниковых урочищах описана растительность различных экологических групп, принадлежащая к 6 классам (*Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae* Philippi 1956, *Montio-Cardaminetea* B.-Bl. et R. Tx. 1943, *Lemnetea minoris* R. Tüxen ex de Bolós et Masclans 1955, *Potamogetonetea* Klika in Klika et Novak 1941, *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941, *Bidentetea* Tx. et al. ex von Rochow 1951), 8 порядкам (*Leptodictyetalia riparii* Philippi 1956, *Montio-Cardaminetalia* Pawł. 1928, *Lemnetalia minoris* R. Tüxen ex de Bolós et Masclans 1955, *Callitricho hamulatae-Ranunculotalia aquatilis* Passarge ex Theurillat in Theurillat et al. 2015, *Phragmitetalia* Koch 1926, *Oenanthetalia aquatica* Hejny ex Balátová-Tuláčková et al. 1993, *Magnocaricetalia* Pignatti 1953, *Bidentetalia* Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Nadač 1944), 15 союзам, 23 ассоциациям, двум сообществам, одной субассоциации и двум вариантам. Редко встречаются сообщества ассоциаций *Fontinalietum antipyreticae* Greter 1936, *Brachythecietum rivularis-Hygrogypnetum luridi* Phil. 1965, *Cratoneuro filicini-Cardaminetum* Maas 1959, *Pellio-Conocephaletum* Maas 1959, *Ricciatum fluitantis* Slavnić 1956 em R. Tüxen 1974 (рисунки 5-6). Обоснован природоохранный статус сообществ, их экология, местообитания, распространение.

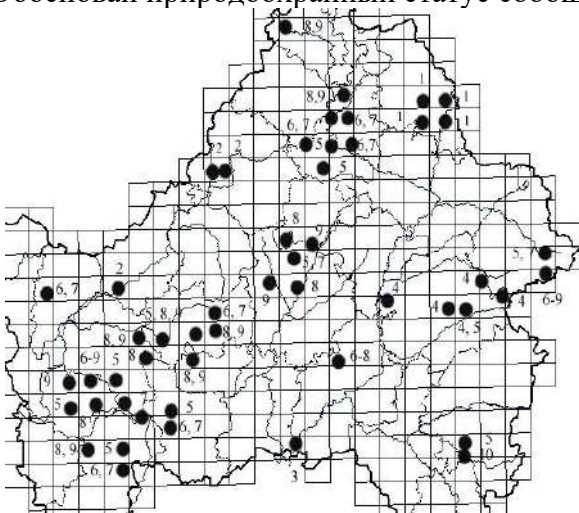


Рисунок 5 – Распространение редких и мониторинговых видов для ручьёв и ключей

Указания к рисунку: 1 *Hepatica nobilis*, 2 *Lunaria rediviva*, 3 *Nasturtium officinale*, 4 *Cucubalus baccifer*, 6 *Iris pseudacorus*, 7 *I. sibirica*, 8 *Veronica anagallis-aquatica*, 9 *V. beccabunga*, 10 *Montia fontana*

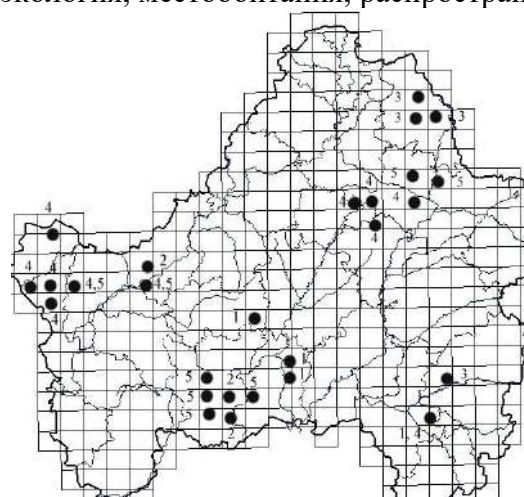


Рисунок 6 – Распространение редко встречающихся сообществ ассоциаций для ручьёв и ключей

Указания к рисунку: 1 *Fontinalietum antipyreticae* Greter 1936, 2 *Brachythecietum rivularis-Hygrogypnetum luridi* Phil. 1965, 3 *Pellio-Conocephaletum* Maas 1959, 4 *Ricciatum fluitantis* Slavnić 1956 em R. Tüxen 1974, 5 *Cratoneuro filicini-Cardaminetum* Maas 1959, вариант *Cratoneuretosum filicini* Marst. 1980.

Выявлены лимитирующие экофакторы, ограничивающие распространение сообществ в местообитаниях ручьёв и ключей, в том числе по химическому составу воды, изученных в каждом из исследованных водных объектов (таблица 2).

Таблица 2 – Лимитирующие факторы для распространения сообществ в местообитаниях ручьёв и ключей

Сообщества ассоциаций, встречаемость*	Ограничивающие факторы
<i>Fontinalietum antipyreticae</i> Greter 1936, P, E <i>Brachythecietum rivularis-Hyrogypnetum luridi</i> Phil. 1965, P	Жесткость воды, содержание нитрат-ионов, железо общее
<i>Cratoneuro filicini-Cardaminetum</i> Maas 1959, P <i>Cardamino-Chrysosplenietum alternifolii</i> Maas 1959, УВ <i>Pellio-Conocephaletum</i> Maas 1959, P	Жесткость воды, кислотность субстрата, содержание карбонат-ионов
<i>Riccietum fluitantis</i> Slavnić 1956 em R. Tüxen 1974, P	Кислотность воды, содержание нитрат-ионов
<i>Lemno minoris-Spirodeletum polyrhizae</i> Koch 1954, Сообщество <i>Lemna minor</i> , сообщество <i>Agrostis stolonifera</i> ОЧВ <i>Hydrocharitetum morsus-ranae</i> van Langendonck 1935, УВ <i>Rorippo-Phalaridetum arundinaceae</i> Kopecký 1961, ЧВ	Общая эвтрофикация воды, содержание нитрат-ионов, освещённость, скорость течения
<i>Polygono hydropiperis-Veronicetum anagallidis-aquaticae</i> (Zonneveld 1960) Schaminée et Weeda 1995, <i>Naumburgietum thyrsoflorae</i> Kipriyanova et Lashchinsky 2000, УВ	Скорость течения, содержание нитрат-ионов
<i>Calletum palustris</i> Vanden Berghen 1952, <i>Bidentetum tripartitae</i> Miljan 1933, <i>Thelypterido palustris-Phragmitetum australis</i> Kuiper ex van Donselaar et al. 1961, <i>Phragmitetum australis</i> Savich 1926, <i>Typhetum latifoliae</i> Nowiński 1930, УВ <i>Schoenoplectetum lacustris</i> Chouard 1924, <i>Schoenoplectetum lacustris</i> Chouard 1924, <i>Sparganietum erecti</i> Roll 1938, <i>Sparganietum emersi</i> Mirkin, Gogoleva et Kononov 1985, <i>Eleocharietum palustris</i> Savich 1926, ЧВ <i>Equisetetum fluviatilis</i> Nowiński 1930, <i>Butometum umbellati</i> Philippi 1973, ОЧВ	Освещённость, кислотность субстрата, общая эвтрофикация местообитаний, глубина вод

Примечание. \* ОЧВ - очень часто встречающиеся (сообщества отмечены более чем на 75 % участков), ЧВ – часто встречающиеся (51–75 % участков), обычные (26–50 % участков), УВ – умеренно встречающиеся (11–25 % участков), Р – редкие (менее 11 % участков), Е – единичные (отмечены на одном участке).

Фитоценозы обнаруженных синтаксонов дополняют мозаичное сложение растительного покрова в водах, долинах ручьёв и ключей.

## 5 ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОДНИКОВЫХ ВОД БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

В 2021-2023 гг. проанализирована 121 проба русловой воды – родников различных категорий, испытывающих разную антропогенную нагрузку.

Оценка качества воды по изменению биомассы хлореллы показала, что родники группы 1 – это загрязнённые водные объекты. В роднике у д. Ольгино (Комаричский район) отмечено минимальное значение биомассы (0,495 мг/л) и вода характеризуется как чистая. Результаты оценки качества воды по ОМЧ показали, что в пробах из мониторинговых родников г. Брянска наблюдалась самая высокая численность бактерий, гетеротрофных бактерий, бактерий группы кишечной палочки, что соответствует загрязнённым водоёмам. Значение ОМЧ проб воды в роднике д. Рясники соответствовало удовлетворительно чистому водоёму, а в роднике д. Ольгино – чистому водотоку. Таким образом, биотестирование вод по изменению биомассы хлореллы и по общему микробному числу (ОМЧ) подтвердило необходимость разделения родников по положению в ландшафте и определению их категории с суммарной антропогенной нагрузкой. Качество вод категорий родников – основа санитарно-гигиенической безопасности.

Для биохимического анализа фоновых видов растений природниковых урочищ в целях биоиндикации подбирались родниковые урочища, в сообществах которых присутствовали фоновые виды травянистых растений. Учитывая фоновую встречаемость видов в природниковых сообществах, реакция их на стрессовые условия рекомендована для биотестирования при установлении антропогенной нагрузки (рисунки 7-12).

Установлено, что антропогенное загрязнение оказывает существенное влияние на изменение содержания биологически активных веществ – индикаторов стресса. В побеговой массе фоновых видов растений родниковых урочищ по сравнению с контролем увеличено

содержание (активность) полифенолоксидазы, пероксидазы, витамина Е, уменьшение активности каталазы, общего азота, глутатиона ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ ,  $P=99\%$ ). Вероятно, возрастание содержания биологически активных веществ увеличивает адаптацию растений к стрессам, но указывает на снижение устойчивости к загрязнениям.

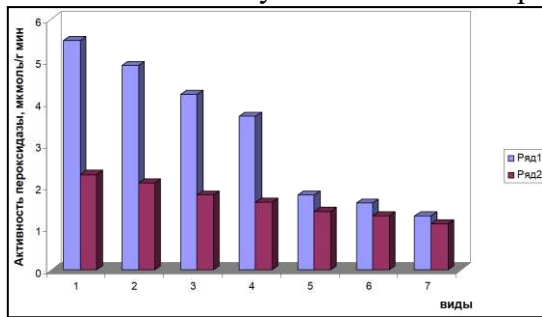


Рисунок 7 – Активность пероксидазы (мкмоль/г мин на сырую массу) в фитомассе растений в различных по антропогенной нагрузке родниковых урочищ\*

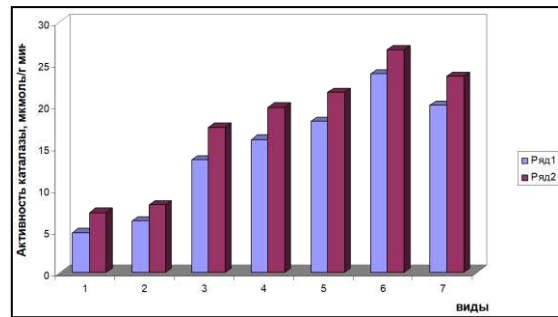


Рисунок 8 – Активность каталазы (мкмоль  $O_2$ /г мин на сыр. массу) в фитомассе растений в различных по антропогенной нагрузке родниковых урочищ\*

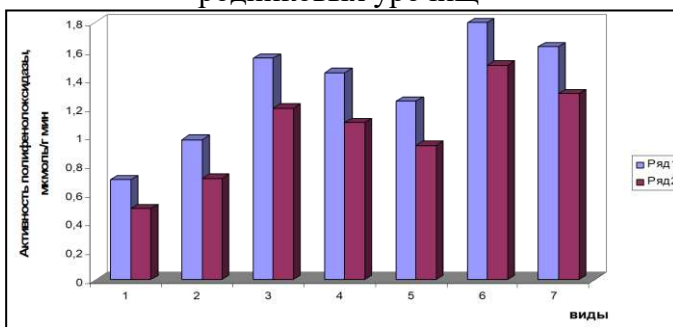


Рисунок 9 – Активность полифенолоксидазы (мкмоль/г мин на сырую массу) в фитомассе травянистых растений в местообитаниях 3-х групп родниковых урочищ\*

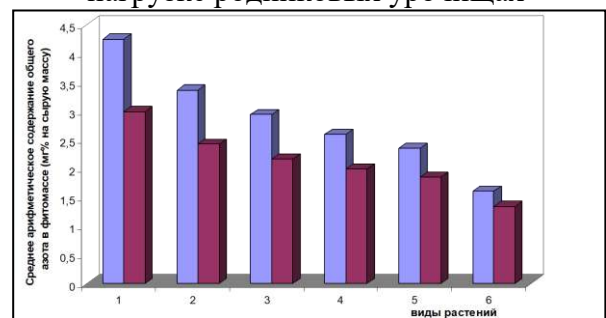


Рисунок 10 – Среднее арифметическое содержание общего азота (мг% на сыр. массу) в биомассе растений в условиях «придорожного» родника крупного города (группа 1.1)\*

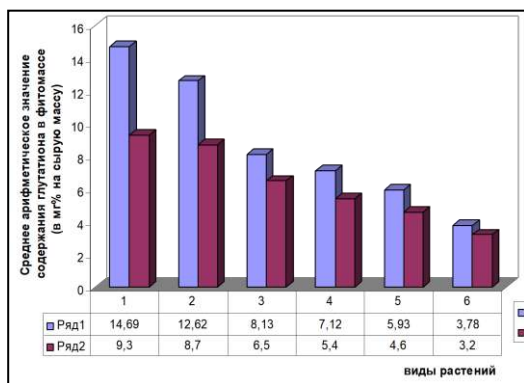


Рисунок 11 – Среднее арифметическое содержание глутатиона (мг% на сыр. массу) в биомассе прибрежно-водных растений в условиях родников с разной степенью антропогенной нагрузки\*

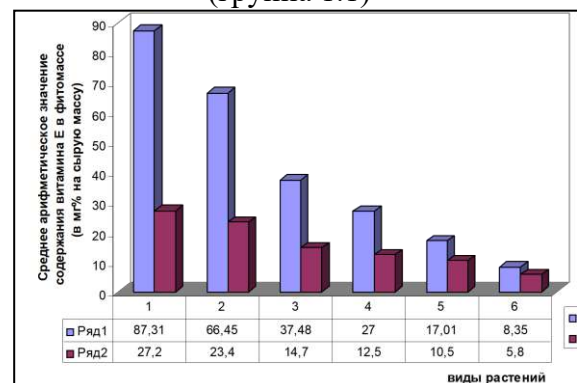


Рисунок 12 – Среднее арифметическое содержание витамина Е (мг% на сыр. массу) в биомассе прибрежно-водных растений родникового урочища с наибольшей сочетанной антропогенной нагрузкой\*

\*Примечание: Ряд 1 (местообитание: РУ с интенсивной антропогенной нагрузкой); Ряд 2 (контроль – родник у д. Ольгино): 1. *Agrostis stolonifera* L., 2. *Scirpus sylvaticus* L. 3. *Rorippa amphibia* (L.) Bess., 4. *Alisma plantago-aquatica* L., 5. *Lycopus europaeus* L., 6. *Leptodictyum riparium* (Schimp.) Warnst., 7. *Marchantia polymorpha* L.

Составлен ряд районов по степени уменьшения КУ (коэффициента устойчивости) по активности аминокислоты в биомассе травянистых растений в местообитаниях: РУ, испытывающие интенсивную антропогенную нагрузку > РУ, в значительной степени испытывающие антропогенную нагрузку > РУ староосвоенных сельскохозяйственных земель.



Установлены ряды чувствительности видов модельных растений к сочетанной антропогенной нагрузке:

— по степени уменьшения пероксидазы: *Agrostis stolonifera* < *Scirpus sylvaticus* < *Rorippa amphibia* < *Alisma plantago-aquatica* < *Lycopus europaeus* < *Leptodictyum riparium* < *Marchantia polymorpha*;

— по степени уменьшения активности полифенолоксидазы: *Agrostis stolonifera* < *Scirpus sylvaticus* < *Rorippa amphibia* < *Alisma plantago-aquatica* < *Lycopus europaeus* < *Leptodictyum riparium* < *Marchantia polymorpha*;

— по степени увеличения каталазы: *Agrostis stolonifera* > *Scirpus sylvaticus* > *Rorippa amphibia* > *Alisma plantago-aquatica* > *Lycopus europaeus* > *Leptodictyum riparium* > *Marchantia polymorpha*;

— по степени уменьшения содержания общего азота в биомассе: *Agrostis stolonifera* > *Scirpus sylvaticus* > *Rorippa amphibia* > *Alisma plantago-aquatica* > *Lycopus europaeus* > *Leptodictyum riparium*;

— по степени уменьшения глутатиона: *Agrostis stolonifera* > *Scirpus sylvaticus* > *Rorippa amphibia* > *Alisma plantago-aquatica* > *Lycopus europaeus* > *Leptodictyum riparium*;

— по степени увеличения содержания витамина Е в побегах растений: *Agrostis stolonifera* > *Scirpus sylvaticus* > *Rorippa amphibia* > *Alisma plantago-aquatica* > *Lycopus europaeus* > *Leptodictyum riparium*.

Полученные результаты исследования показали, что фоновые виды прибрежно-водных растений природниковых урочищ испытывают существенное влияние сочетанной антропогенной нагрузки. Используя фоновые виды растений, можно установить на биохимическом уровне биообъектов, состояние биоты природниковых урочищ.

#### Диагностика компонентов среды с использованием индекса флюктуирующей асимметрии на примере модельного вида – стрелолиста обыкновенного

Анализ СР модельного объекта – стрелолиста обыкновенного, выявил негативные изменения в состоянии модельного объекта, что свидетельствует о стрессовом воздействии различных факторов на природные системы.

Для первой группы родников оценка состояния биотопа выполнена для урочища Мякишевский Родник, Выгоничский район, дан анализ 960 морфометрических признаков у 96 листовых пластинок модельного объекта. По интегральному показателю СР стрелолиста обыкновенного оценка ОС в районе отбора проб может характеризоваться как предкризисное.

Исходные данные (рисунки 13, 14), ранжированные по величине ИФЛА для каждого из 10 модельных растений, характеризуются относительной однородностью и непрерывностью. Варьирование признака находится в пределах 35-51%.

Фактические данные хорошо описываются Log-Logistic-распределением вида:  $f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} \left(1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right)^{-2}$ , параметры распределения:  $\alpha = 3,6347$ ;  $\beta = 0,04164$ ;  $\gamma = 0$  (2019 год исследования); параметры распределения:  $\alpha = 3,5899$ ;  $\beta = 0,045$ ;  $\gamma = 0$  (2022 год исследования).

Анализ показал, что по сравнению с 2019 г. на 8,7% сократилась доля симметричных листовых пластинок и на 3,6% увеличилась доля асимметричных листьев. Это свидетельствует об ухудшении экологического состояния.

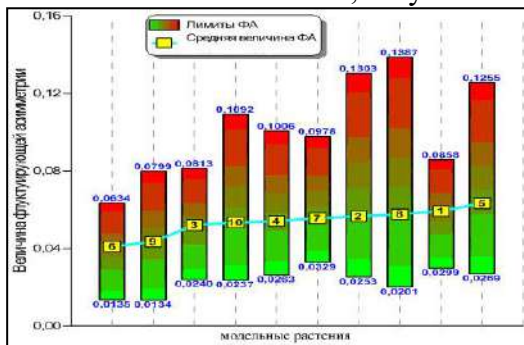


Рисунок 13 – Ранжированные по величине ИФЛА исходные данные для определения показателя СР модельного объекта

Анализ ИФЛА с последующим описанием Log-Logistic-распределением показал, что за 3-летний период в родниковом урочище группы 4 средней антропогенной нагрузкой наблюдается удовлетворительное состояние РУ, установлена тенденция к улучшению экологического состояния биоты. В районе РУ группы 3 со значительной степенью антропогенной нагрузки – предкризисное состояние природных экосистем; выявлена тенденция к ухудшению экологического состояния РУ.

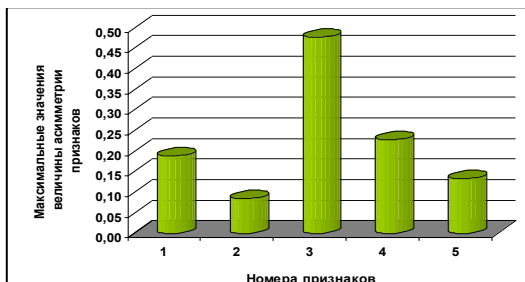


Рисунок 14 – Максимальные значения величины ФЛА морфометрических признаков листовых пластинок СР (генеральная совокупность)

Таким образом, результаты исследований показали, что модельный объект биоиндикации обладает значительной чувствительностью к условиям среды в РУ, может быть рекомендован для проведения диагностических исследований водных и околоводных местообитаний по пяти признакам. Индексы ФЛА показывают общее состояние среды в целом в родниковых урочищах, диагностируют разнообразные стрессовые воздействия.

## 6 ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОДНИКОВ В СТАРООСВОЕННОМ РЕГИОНЕ

За десятилетний период наблюдений за родниками как экосистемами представлены данные по мониторинговым показателям Росгидромета. Органолептические показатели вод исследованных родников Брянской области достаточно однородны, стабильны.



Рисунок 15 – Классификация родников (280) по дебиту

Дебит источников значительно различался (рисунок 15). За 9-летний мониторинг отмечено значительное снижение дебита. Температура воды родников колеблется от 5,4 до 10,3°C в летний период, от 4,7 до 9,0°C – в зимний, холодные воды [Гидрохимические показатели ..., 2010]. Температура воды зависит, в первую очередь, от особенностей каптажа.

Наиболее загрязнёнными, с точки зрения эколого-химического состава воды, оказались родники Красногорского, Новозыковского, Стародубского, Жирятинского районов.

Единичные отклонения от установленных нормативов ПДК выявлены в родниках Брянского, Жуковского, Клетнянского, Выгоничского, Навлинского районов. Несоответствие нормам выявлено по содержанию показателей: нитрат-ионы, «общая жёсткость», общее железо. По показателю общей жёсткости воды 88% родников классифицировались как мягкие (5,4±1,8°Ж).

Анализ полученных результатов показал, что за 9-летний период наблюдений содержание нитратов значительно увеличилось (рисунок 16). Этому способствовала возросшая антропогенная нагрузка на агроэкосистемы, в частности активное развитие сельского хозяйства,

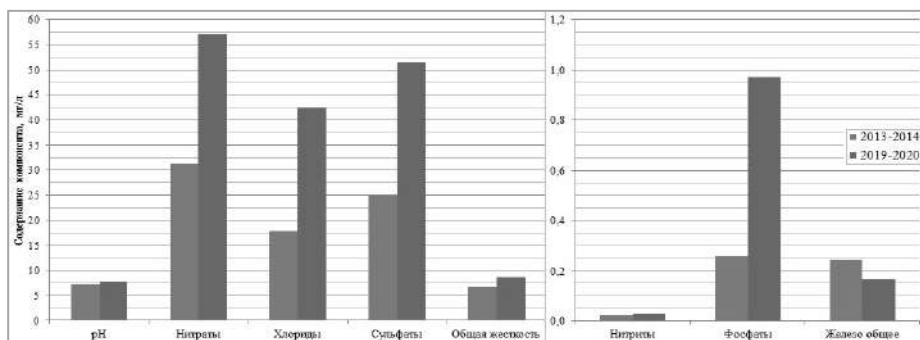


Рисунок 16 – Сравнение средних результатов химического анализа родниковых вод малых городов Брянской области во временном разрезе

сопровожающееся выпасом скота и забором подземных вод.

На основе анализа результатов выделены следующие группы родников по загрязнению вод: сильно загрязнённые (3); загрязнённые (3); условно чистые (6).

За период с 2013 по 2021 гг. изучены показатели 47 родников в крупной урбозкосистеме – г. Брянске. Концентрация нитрат-ионов превышала предельно-допустимую в 67,4% исследованных родников, причём в воде четырёх из них выявлены отклонения от ПДК более чем в 3 раза (рисунки 17-19). В целом, воды родников г. Брянска – слабощелочные (рН 7,66±0,32); 55,3% (26 из 47) родников – с относительно повышенной минерализацией (выше

500 мг/л); 53,2% (25 из 47) – жёсткие (общая жёсткость выше 8°Ж). На основе анализа представленных результатов можно сделать вывод, что родники в крупной урбозкосистеме (г. Брянск) претерпевают бо́льшую антропогенную нагрузку по сравнению с родниками в сельских поселениях области.

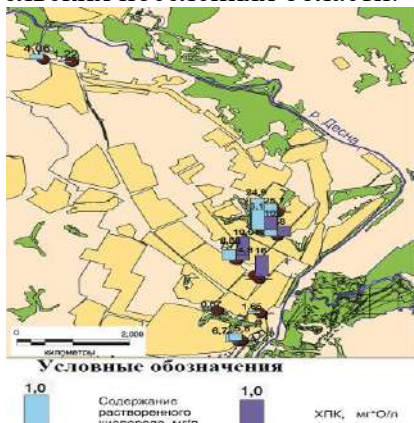


Рисунок 17 – Карта содержания РК и ХПК



Рисунок 18 – Карта распределения общей жёсткости

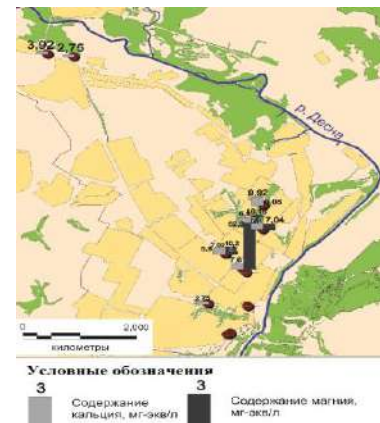


Рисунок 19 – Карта содержания кальция и магния

Определяли показатели токсичности воды по методам фитотестирования. В летнюю межень было исследовано 38 родников Суражского, Унечского, Почепского, Погарского и Брянского районов, пророщено 4050 семян тест-объекта (редис посевной (*Raphanus sativus* L.)). Негативное фитотоксическое воздействие на биоиндикаторы родниковых вод проявляют, оказывая эффект торможения роста (в 19 пробах) или активно увеличивая темпы роста модельных растений, т.е. оказывая эффект стимулирования (в 7 пробах).

Степень гемеробности коррелирует средней силой с индексом фитотоксичности и эффектом торможения: с увеличением антропогенной нагрузки на экосистему повышается фитотоксическое действие родниковых вод, определяемое тем, что в направлении от олигогемеробных к метагемеробным территориям возрастает количество источников загрязнения и их воздействие становится более агрессивным (таблица 3). На территории Брянской области доминирующий поллютант в родниковых водах – нитрат-ионы, поэтому выявленные тренды, с одной стороны, объясняют повышение данного компонента во временном разрезе, с другой стороны, указывают на возможное улучшение качественного состава и безопасности вод путём снижения оказываемого антропогенного прессинга на природниковые урочища.

Таблица 3 – Матрица бинарных отношений по результатам фитотоксикологического анализа

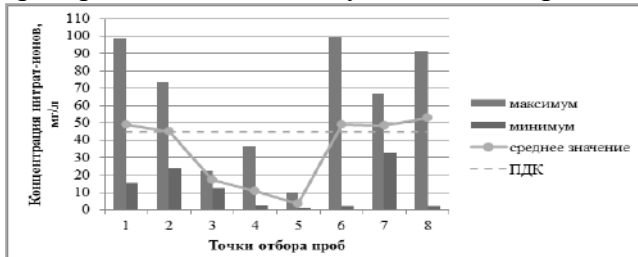
	Всхожесть, %	Длина зародышевого корешка ( $L_{оп}$ ), мм	Индекс, J	Эффект торможения $E_t$
Степень гемеробности	-0,30	<b>-0,35</b>	<b>0,33</b>	<b>0,44</b>
$NO_3^-$ , мг/л	<b>-0,34</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,35</b>	0,30
Всхожесть, %		<b>0,65</b>	<b>-0,95</b>	<b>-0,47</b>
$L_{оп}$ , мм			<b>-0,58</b>	<b>-0,75</b>
Индекс, J				<b>0,62</b>

Изучена динамика состава вод родников по сезонам в течение года в местах рекреации, районах с сельскохозяйственной нагрузкой, сочетания транспортной нагрузки и урбанизации, сочетания транспортной и сельскохозяйственной нагрузки. Данные пробы отбирались ежесезонно с осени 2019 г. по лето 2022 г. 1-го числа крайнего месяца сезона.

Колебания дебита во временном разрезе типичны для умеренного климата. Менее подвержены метеорологическим условиям нисходящие родники в более глубоких водоносных горизонтах, с меньшей его водопроницаемостью, с большей областью питания. Сезонная динамика pH слабо выражена, средний pH вод –  $7,61 \pm 0,46$ . Колебания концентрации нитратов (рисунок 20) весьма значительны: от 1,07 мг/л до 99,19, среднее содержание –  $34,5 \pm 18,0$  мг/л.



Приняв в качестве нулевой гипотезы сезонность концентрации нитратов, рассчитан критерий наименьшей существенной разницы (НСР). Гипотеза не отвергается ( $НСР > d$ ), но



высокий коэффициент вариации (60-80%) не позволяет однозначно утверждать данную зависимость. Вероятно, концентрация нитратов в водах родников понижается в летнюю межень до осенних паводков (вегетационный период) и повышается в зимнюю межень до весеннего половодья, когда разложение и переход азота из органических форм в минеральные происходит при минимальном потреблении азота.

Отмечен тренд на значительное повышение концентрации хлорид-ионов в зимний период, что объясняется загрязнением талых вод хлоридами, которые входят в состав ряда противогололёдных смесей [Рылова и соавт., 2008]. Расчёт критерия НСР подтвердил тренд.

Динамика сезонности концентрации общего железа: повышение в зимний период относительно осени, и наибольшая концентрация в летний период. Авторы [Логинова, Лопух, 2011] связывают эту зависимость с периодами стагнации. Осенью и весной, напротив, за счёт перемешивания водных масс содержание железа снижается.

Низкий коэффициент вариации параметра общей жёсткости объясняется природными особенностями района излияния родников на поверхность (основная подстилающая порода для большинства родников области – карбонаты).

Ежемесячный мониторинг стратегических родников г. Брянска в годы разной водности позволил сделать следующие выводы:

1. По нитрат-ионам в водах всех изученных родников отмечена характерная загрязнённость в течение года, что подтверждается наибольшим значением частного оценочного балла по повторяемости ( $S_{\alpha} = 4,0$ ). По кратности превышения ПДК ( $S_{\beta_i}$ ) степень загрязнённости воды изменялась в течение года – от «низкой» до «средней».

2. Характерным загрязнителем трёх родников г. Брянска является показатель общей жесткости. Вода характеризуется низкой степенью загрязнённости по кратности превышения ПДК ( $S_{\beta_i}$ ) по данному параметру.

3. Наибольшую долю в общую оценку степени загрязнённости воды вносят нитрат-ионы. Общий оценочный балл этого ингредиента составляет от 5,36 до 8,12, что не позволяет отнести этот показатель к критическим показателям загрязнённости воды отдельного родника. Однако для родника в Звёздном парке и Святого источника «Тихвинский» ( $S_i \geq 8,0$ ) нитраты следует рассматривать как показатель, на который нужно обратить особое внимание при разработке (или уточнении) программы гидрохимического мониторинга, при планировании и осуществлении водоохранных мероприятий.

В совокупном процессе экологической оценки родников бо́льший процент родников (40%) расположен на олигогемеробной территории (рисунки 21-22). Это леса с незначительным лесохозяйственным уходом или слабым выпасом. Доля неофитов на этих территориях менее 5%, терофитов – менее 20%. 9 родниковых урочищ имеют средний уровень гемеробности 3-5. Местности, прилегающие к руслу родников, интенсивно используются как пастбища (урочища

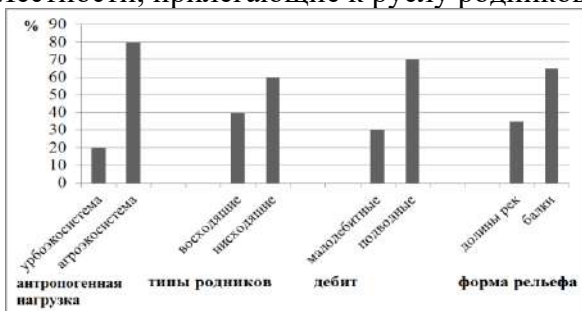


Рисунок 21 – Доля родников с различными характеристиками

родников Почепского р-на), в них оборудованы ландшафтные парки (Суражский и Брянский р-ны), местообитания заняты малопродуктивными лесами (Унечский и Погарский р-ны).

Анализ 105 парных корреляционных коэффициентов выявил корреляционные зависимости между рядом параметров. Отмечена прямая связь между параметрами «нитрат-ионы: степень гемеробности». Уравнение регрессии по данным степени гемеробности и концентрации

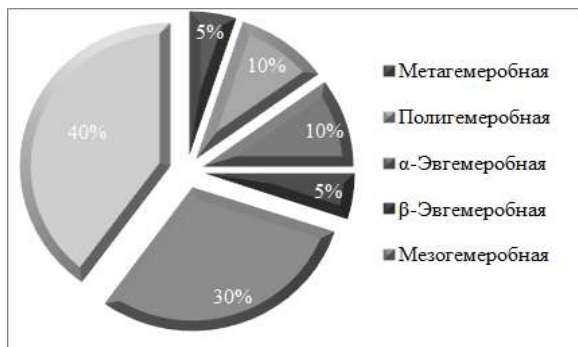


Рисунок 22 – Доля родников по степени гемеробности

нитрат-ионов рассматриваемых родников будет иметь вид  $\hat{y} = -31,3 + 20,1x$  ( $r = 0,851$ ).

Так, значение  $\text{NO}_3^-$  в исследованных родниках варьируется от следовых количеств (родник №8, степень гемеробности – 2) до 90,4 мг/л (родник №19, степень гемеробности – 6). Таким образом, содержание нитратов в природных водах может рассматриваться в качестве индикатора антропогенного загрязнения вод, происходящего в результате попадания в них бытовых и иных стоков или смыва минеральных удобрений с пахотных угодий.

Брянская область – регион с повышенной радиационной нагрузкой. Данные, внесённые в «Атлас родников Брянской области», по дебиту, химическому составу, степени гемеробности природникового ландшафта впервые дополнены сведениями о концентрации радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  – РН), представляющих наибольшую информативность для диагностических целей.

Анализ 36 родников г. Брянска показал изменение концентрации радиоактивного  $^{137}\text{Cs}$ : от следовых количеств (14 родников) до 5,755 Бк/л в воде родника №087 – некапированного источника, ручьи которого формируют Площанское озеро. Содержание  $^{40}\text{K}$  в 80% родников – следовое. Различие в концентрациях РН объясняется тем, что водная миграция  $^{40}\text{K}$  существенно затруднена в большинстве природных ландшафтов. Можно предположить, что с увеличением дебита родника концентрация радионуклидов должна повышаться. Однако расчёт коэффициентов корреляции показал обратную зависимость между рассматриваемыми показателями, что свидетельствует о том, что содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  в воде стабильно в течение времени. Следовательно, вклад естественной радиоактивности в общую – незначительный. Концентрация радионуклидов определяется техногенным характером.

Согласно расчету по НРБ-99 [СанПиН 2.6.1.2523-09 НРБ-99/2009], доза, получаемая от воды из родников, расположенных в понижениях балок, оврагах, преимущественно, составляет  $6,50 \cdot 10^{-7}$  Зв/год (родники № 2,5,49,027), доза, получаемая от воды из родников равнинного ландшафта выше  $-3,74 \cdot 10^{-5}$  Зв/год (родник №087),  $2,01 \cdot 10^{-5}$  Зв/год (№27),  $1,63 \cdot 10^{-5}$  Зв/год (№52). Такое различие связано с процессами миграции  $^{137}\text{Cs}$  вглубь почвенного профиля.

Мониторинг родников Брянской области необходимо дополнить сведениями о наличии нефтепродуктов (НП) в воде, так как этот тип загрязнения нарастает. Изменение содержания НП объясняется не пространственным фактором, а степенью антропогенной нагрузки на природниковое урочище, в первую очередь, площадью загрузки родника. С применением ГИС-технологий были построены геолого-гидрогеологические карты водосборного бассейна изученных родников: область питания родников, воды которых показали превышение концентрации НП, находится на метагемеробной или полигемеробной территории ( $r=0,65$ ). Непосредственная близость автодорог оказывает прямое влияние на состав родниковых вод. Поэтому зона санитарной охраны должна охватывать площадь протяжённостью не менее 50 м от места разгрузки вверх по рельефу. Требуется исключить расположение на водосборной площади родников автозаправочных станций, стоянок легковых и грузовых автомобилей, помещений различного рода сервиса для грузовых, легковых и дизельных автомобилей.

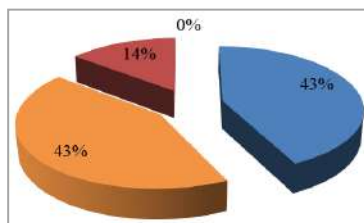
Разработка алгоритма химической составляющей экомониторинга родниковых вод произведена по матричному принципу. Основа матрицы состоит из 18 показателей, ранжированных по 4 классам экологического состояния родников и природников урочищ (таблица 4). Оценка соответствующего показателя из представленного в строке диагностической матрицы определяется первичным баллом, соответствующим номеру столбца. Сумма полученных баллов показывает класс экологического состояния родников и природников урочищ, который нормируют к категории экологической напряжённости. Анализ диагностической матрицы позволяет выявить характеризующие систему непосредственные значения признаков, включая те, которые можно заменить, восстановить или планировать для изменения и возможного повышения класса экологического состояния родников.

Анализ массива данных показал, что наибольший класс (4) – кризисное состояние природникового урочища – у родников, расположенных в крупных населённых пунктах городского типа (например, родники г. Карачева и родник в пгт. Белые Берега (г.о. г. Брянска). Напряжённое экологическое состояние описывает 15% изученных родников. Преимущественно, это родники, испытывающие повышенную рекреационную нагрузку – на территории городских поселений или в непосредственной близости к крупным населённым пунктам, также благоустроенные родники (включая Святые источники) с преобладанием слитизированности почвенного покрова территории. 84% родников (189 из 226) имеют удовлетворительное экологическое состояние. Эту группу водоисточников представляют родники, расположенные на олиго- и мезогемеробных территориях с малой интенсивностью землепользования и находящиеся на расстоянии более 100 м от селитебных территорий и эксплуатируемых сельскохозяйственных угодий.

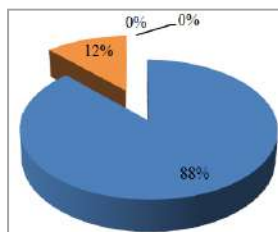
Таблица 4 – Матрица для расчёта комплексной характеристики экологического состояния родников для диагностических целей

Показатель	Оценка экологического состояния			
	1 (нормальное)	2 (удовлетворительное)	3 (напряжённое)	4 (кризисное)
Степень гемеробности	1-2	3	4-5	6-7
Близость населённых пунктов (селитебных территорий)	более 1 км	более 100 м	менее 100 м	в самом населённом пункте
Наличие эксплуатируемых сельскохозяйственных угодий	более 200 м	200-100 м	100-50 м	менее 50 м
Вид использования земли (в ландшафтах)	неиспользуемые земли	с/х земли с малой интенсивностью землепользования	с/х земли с высокой интенсивностью землепользования	застроенные земли
Вид ландшафтов по степени антропогенной нагрузки	земли естественных урочищ, ООПТ	естественные кормовые угодья, культурные угодья	пашня, многолетние насаждения	земли инфраструктуры
Особенности ландшафтных условий	днища балок	склоны балок	склоны террас	верховья и тальвеги балок поймы
Рекреационная нагрузка, чел/ч	до 5	5-20	20-50	более 50
Слитизация, % площади	до 5	6-20	20-50	более 50
Замусоренность, %	Нет	до 5	до 15	более 20
Группа родников по содержанию маркерных ионов в воде	0 группа (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Fe <sub>общ.</sub> , °Ж < ПДК)	1 группа (один из трёх показателей: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Fe <sub>общ.</sub> , °Ж > ПДК)	2 группа (два из трёх показателей: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Fe <sub>общ.</sub> , °Ж > ПДК)	3 группа (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Fe <sub>общ.</sub> , °Ж > ПДК)
Содержание в воде нитрат-ионов, мг/л	< 5 мг/л	5-20 мг/л	20-45 мг/л	> 45 мг/л
Содержание в воде хлорид-ионов, мг/л	< 10 мг/л	10-50 мг/л	50-350	> 350 мг/л
Содержание в воде фосфат-ионов, мг/л	< 0,5 мг/л	0,5-1,5 мг/л	1,5-3,5 мг/л	> 3,5 мг/л
Значение ИЗВ	1-2	3-4	5	6-7
Содержание растворённого кислорода в воде в летнюю межень, мг/л	8-9	7-6	5-3	2-0
Значение индекса токсичности воды	< 20	< 20	20-50	> 50
Содержание <sup>137</sup> Cs, Бк/л	< 1,5	1,5-4,0	4,0-8,0	> 8,0
Сумма баллов				
Коэффициент сравнения	< 17	17-34	34-51	51-68

В целом, родники городских поселений Брянской области характеризуются менее благоприятным экологическим состоянием в сравнении с родниками сельских поселений



городские поселения



сельские поселения

- 1 (нормальное)
- 2 (удовлетворительное)
- 3 (напряжённое)
- 4 (кризисное)

(рисунок 23). Удовлетворительное состояние РУ имеют только 43% родников городских поселений региона и 88% сельских поселений.

Рисунок 23 – Экологическое состояние родников области

Ранжирование родников по классам экологического состояния позволяет определить периодичность экомониторинга. Для первой группы – один раз в год (в летнюю межень), для второй – два раза в год (летняя и зимняя межени), для третьей – четыре раза в год (по сезонам), для четвертой – 1 раз в месяц. Нами предложена следующая схема химического обследования для экомониторинговой базы на территории староосвоенного региона:

1. Проведение мониторингового исследования согласно вышеприведённому графику периодичности контроля родников.
2. Определение мониторинговых гидрохимических показателей экспресс-методами в полевых условиях по разработанным и апробированным методикам (экспресс-разработка).
3. Изучение химического состава воды в лабораторных условиях, согласно методикам ГОСТа, в случае обнаружения превышения установленных норм ПДК мониторинговых показателей.

## 7 «АТЛАС РОДНИКОВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ» И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ВЕДЕНИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОНИТОРИНГА

Актуален вопрос о разработке и апробации критериев отнесения родников к ООПТ. Для территории Нечерноземья РФ такая работа проведена впервые. Родники ранжируются по решающим, дополнительным, основным факторам, исторически ценному и важному экологическому значению. Выделены 9 перспективных родников (таблица 5).

Таблица 5 – Критерии для выделения памятников природы среди родников

Район области	Наименование родника	Решающие факторы	Основные факторы	Дополнительные факторы	ПЩ	ИКРЗ
Погарский	р. д. Меловое	P2, P3	O1, O2	Д1, Д2	+	+
Клетнянский	р. д. Меловое	P2, P3	O1, O2	Д1, Д2	+	+
Стародубский	р. с. Меленское	P2, P3	O1, O2	Д1	+	+
Трубчевский	р. д. Будимир	P1, P2, P3	O1, O2	Д1	+	+
Новозыбковский	р. с. Внуковичи	P2, P3	O1, O2	Д1	+	+
Новозыбковский	р. с. Белый Колодец	P2, P3	O1, O2	Д1, Д2	+	+
Навлинский	р. д. Святое	P2, P3	O1, O2	Д1, Д3	+	+
Навлинский	р. д. Рёвны	P2, P3	O1, O2	Д1, Д2, Д3	+	+
Стародубский	р. с. Понуровка	P2, P3	O1, O2	Д1	+	+

Таким образом, при рекомендации родников Брянской области к внесению в список объектов ООПТ необходимо учитывать не только вышеописанные рекомендации, но и нахождение редких видов, эталонных и редких сообществ в составе ландшафтного природного комплекса, что повысит роль выходов подземных вод в сохранении и воспроизводстве биоразнообразия в Нечерноземье РФ.

Данные паспортизации родников сформировали мониторинговую информационную базу данных «Атлас родников Брянской области», включающей сведения об использовании родников, местоположении, данные гидрохимии. База данных имеет государственную регистрацию в РосПатенте (№2022620554 от 16.03.2022).

## ВЫВОДЫ

1. Выявлена флора настоящих сосудистых растений родниковых урочищ, представленная 166 видами, 125 родами и 58 семействами; число видов мохообразных в местообитаниях – 65 из 32 семейств; непосредственно формирующих бриофитные сообщества

и ценозы с участием мохообразных – 21 из 12 семейств. По индексу Симпсона наибольшие показатели рассчитаны для ручьёв (ключей) с родниковыми топиями и прибрежно-водными сообществами, природниковыми лесами.

2. Описаны экологические характеристики растительности родниковых урочищ, включающей 6 классов, 8 порядков, 15 союзов, 23 ассоциаций, двух сообществ, одной субассоциации и двух вариантов. Созологический статус А присвоен редко встречающимся сообществам ассоциаций *Fontinalietum antipyreticae* Greter 1936, *Brachythecietum rivularis-Hyrogypnetum luridi* Phil. 1965, *Cratoneuro filicini-Cardaminetum* Maas 1959, *Pellio-Conocephaletum* Maas 1959, *Riccietum fluitantis* Slavnić 1956 em R. Tüxen 1974, дополнены мониторинговые данные в Зелёную книгу Брянской области. Выявлены лимитирующие факторы распространения сообществ: содержание нитрат-ионов, железа, жёсткость воды, кислотность субстрата, скорость течения, общая эвтрофикация, освещённость.

3. Дополнены сведения и закартирована информация о распространении редких видов и видов мониторингового списка ручьёв и ключей: *Hepatica nobilis*, *Lunaria rediviva*, *Nasturtium officinale*, *Cucubalus baccifer*, *Iris pseudacorus*, *I. sibirica*, *Veronica anagallis-aquatica*, *V. beccabunga*, *Montia fontana*; распространении 5 сообществ ассоциаций. Доказано, что при присвоении созологического статуса родникам необходимо учитывать видовой состав флоры и наличие уникальных сообществ.

4. Установлены и обоснованы биомониторинговые показатели модельных биоиндикаторов. Выявлены ряды чувствительности видов модельных растений к сочетанной антропогенной нагрузке по степени уменьшения пероксидазы, глутатиона, активности полифенолоксидазы, общего азота в биомассе; по степени увеличения каталазы, содержания витамина Е в побегах растений. Зафиксирована видовая резистентность растений на химическое загрязнение. На территориях с повышенной селитебной нагрузкой доказано фитотоксикологическое действие родниковой воды по реакции тест-растения по методике ГОСТ.

5. Доказан хороший диагностический эффект расчётного индекса флуктуирующей асимметрии на модельном объекте – *Sagittaria sagittifolia* L.; состояние «предкризисное», «кризисное» выделено для родниковых урочищ, местообитания и среда биотопа которых достаточно сильно изменено. В родниковом урочище группы 4 средней антропогенной нагрузкой наблюдается удовлетворительное состояние родниковых урочищ, установлена тенденция к улучшению экологического состояния биоты. В районе родниковых урочищ группы 3 со значительной степенью антропогенной нагрузки доказано предкризисное состояние природных экосистем – выявлена тенденция к ухудшению экологического состояния родниковых урочищ.

6. Создана экомониторинговая база для 280 родников Брянской области: все родники малобитные, основные поллютанты в водах родников Брянской области – нитрат-ионы и ионы, определяющие общую жёсткость; концентрация железа, нитрит-, фосфат-, хлорид-, сульфат-ионов, в основном, удовлетворяло принятым нормам. Доказано значительное изменение химического состава вод родников урбозкосистем в сторону повышения, преимущественно, нитрат-ионов, определяемые падением уровня подземных вод, сбросом загрязнённых промышленных и коммунальных стоков, интенсивным использованием земель в сельскохозяйственном производстве. Рассчитано, что годовая равновесная доза от радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  для возрастной группы >17 лет – параметр годового потребления питьевой воды составляет 500 л/год.

7. Представлено ранжирование родников по экологической ценности – степени гемеробности. Отмечена прямая корреляционная связь между параметрами «нитрат-ионы : степень гемеробности», «хлорид-ионы : степень гемеробности»: индикаторный показатель антропогенного воздействия на природные воды – нитрат- и хлорид-ионы.

8. Обоснована к применению матрица для оценки класса экологического состояния родников, включающая 18 показателей био- и геоэкологического, химического, фитотоксикологического, радиоэкологического анализов родниковых вод. По классам геоэкологической напряжённости установлен график периодичности контроля родников.

Предложена схема эколого-аналитического обследования родников с использованием экспресс-методов на мониторинговые ионы (нитрат-, хлорид- ионы, общее железо, нефтепродукты) в полевых условиях.

9. Создана мониторинговая база данных «Атлас родников Брянской области», включающая сведения о паспортизации родников, зарегистрированная в Роспатенте (№ 2022620554 от 16.03.2022 г.).

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Целесообразно использование тест-объекта – *Sagittaria sagittifolia* – для использования в методике индекса флуктуирующей асимметрии по пяти признакам.

2. Рекомендованы биохимические исследования биомассы фоновых видов *Agrostis stolonifera* L., *Scirpus sylvaticus* L., *Rorippa amphibia* (L.) Bess., *Alisma plantago-aquatica* L., *Lycopus europaeus* L., *Leptodictyum riparium* (Schimp.) Warnst., *Marchantia polymorpha* L. на биологически активные вещества – показатели стресса, в том числе сочетанного антропогенного.

3. Выделены 9 перспективных родников области для включения их в реестр региональных памятников, родники могут выполнять роль ключевых экологических территорий в экологическом каркасе региона.

4. Для оптимизации сбора данных и их достоверности целесообразно использовать алгоритм химической составляющей экомониторинга вод из 17 признаков с одновременной оценкой состояния разнообразия флоры и растительности.

5. Экологическое состояние родников агро- и урбоэкосистем различного размера Брянской области возможно улучшить путём проведения противоэрозионных мероприятий, принятия мер по предотвращению попадания в них ливнестоков, совершенствования системы утилизации отходов на этих территориях. Считаю целесообразным возложить мониторинг за состоянием родников на землепользователей, на территории которых находится родник.

6. Рекомендуется предпринять ряд административно-правовых мер, основными из которых будут следующие действия: установление границ природниковых урочищ; обеспечение соблюдения режима особой охраны территорий родников; подготовка заключения о возможности и условиях использования родниковой воды с указанием категории родников (питьевые или рекреационные); разработка проекта регламента о взаимодействии городских организаций по вопросам природопользования и предупреждения экологических правонарушений при осуществлении контроля за качеством родниковой воды и их экологическим состоянием.

### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

#### *Публикации в научных журналах, рецензируемых в МБД*

1. **Соболева, О. А.**, Анищенко, Л. Н., Щетинская, О. С., Долганова, М. В., Демихов, В. Т. Эколого-химическая оценка родников городских и сельских поселений Нечерноземья РФ по данным мониторинга (Брянская область, 2012-2020 гг.) / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко, О. С. Щетинская, М. В. Долганова, В. Т. Демихов // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 128-149. (Scopus, DOI: 10.12731/2658-6649-2020-12-5-128-149). **К1**

#### *Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ — по специальности 1.5.15 Экология (биологические науки):*

2. **Соболева, О. А.**, Щетинская, О. С., Анищенко, Л. Н. Аналитические показатели родниковых вод на территории Брянской области / О. А. Соболева, О. С. Щетинская, Л. Н. Анищенко // *Экология урбанизированных территорий*. – 2020. – №3. – С. 14-22. (DOI: 10.24412/1816-1863-2020-13014) **К2**



3. **Соболева, О. А., Щетинская, О. С., Анищенко, Л. Н.** Эколого-химическая оценка городских родников Брянской области / О. А. Соболева, О. С. Щетинская, Л. Н. Анищенко // Социально-экологические технологии. – 2020. – Т. 10. – №4. – С. 459-481. (DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-4-459-481) **К3**

4. **Соболева, О. А., Анищенко, Л. Н.** Комплексная оценка родниковых вод Брянской области в системе государственного мониторинга / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2022. – Т. 30. – № 2. – С. 127-142. (DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-2-127-142) **К2**

5. **Соболева, О. А.** К экологической паспортизации родников малых городов Нечерноземья РФ (Брянская область) / О. А. Соболева // Проблемы региональной экологии. – 2022. – №4. – С. 27-32. (DOI: 10.24412/1728-323X-2022-4-27-32) **К2**

— *в иных журналах из Перечня ВАК:*

6. **Соболева, О. А.** Эколого-химическая оценка родников Брянской области по данным паспортизации / О. А. Соболева // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2023. – №4. – С. 115-126. (DOI: 10.35567/19994508\_2023\_4\_4) **К2**

*Публикации в научных изданиях и материалах научно-практических конференций*

7. **Соболева, О. А., Анищенко, Л. Н.** К вопросу организации региональных памятников природы в ландшафтных комплексах родников (Брянская область, Нечерноземье РФ) / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко // Мониторинг состояния природных комплексов и многолетние исследования на особо охраняемых природных территориях. – Вып. 3, 2019. – С. 99-105.

8. **Соболева, О. А., Щетинская, О. С., Анищенко, Л. Н.** Родники памятников природы «Верхний Судок», «Нижний Судок» (Брянск, Брянская область, Нечерноземье РФ) / О. А. Соболева, О. С. Щетинская, Л. Н. Анищенко // Комплексное использование природных ресурсов: сб. науч. тр. XI науч. конф. – Донецк: ДОННТУ, 2019. – С. 65-69.

9. **Соболева, О. А., Анищенко, Л. Н.** Опыт ведения мониторинговой базы по состоянию городских родников (г. Брянск, Нечерноземье Российской Федерации) / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020) : матер. XVI Междунар. науч.-технич. Конф. Том 2 / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: РИК УГАТУ, 2020. – С. 236-245.

10. **Соболева, О. А.** Исследование эколого-химического состояния родников Брянского района (Брянская область, Нечерноземье РФ) / О. А. Соболева // Проблемы экологии и экологической безопасности. Создание новых полимерных материалов : сб. матер. VII междунар. науч.-практ. конф. – Минск: УГЗ, 2020. – С. 64-66.

11. **Соболева, О. А.** Атлас родников Брянской области и перспективы его ведения для современных исследований мониторинга / О. А. Соболева // Новые горизонты : матер. VII науч.-практ. конф. с междунар. уч. Брянск. – Брянск: БГТУ, 2020. – С. 808-811.

12. **Соболева, О. А., Анищенко, Л. Н.** Анализ мониторинговой базы эколого-химического состава родников Брянской области как объектов высокой природоохранной ценности (2012-2019 гг.) / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко // Сб. научных матер., посв. 85-летию Хоперского государственного природного заповедника. – Воронеж : ИПЦ «Научная книга», 2020. – С. 260-282.

13. **Соболева, О. А., Анищенко, Л. Н.** Исследование родников сельских поселений Брянской области как источников децентрализованного водоснабжения / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко // Матер. Междунар. науч. конф. молодых учёных и специалистов. Том 1. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2020. – С. 294-298.



14. **Соболева, О. А.** Экологическое состояние выходов подземных вод (родников) городского округа Брянск / О. А. Соболева // Геоэкологические проблемы современности и пути их решения: матер. II Всерос. науч.-практ. конф. – Орёл: Изд-во ОГУ им. И.С. Тургенева, 2020. – С. 60-67.

15. **Soboleva, O.** The environmental value of springs (on the example of the Bryansk region) / O. Soboleva // Actual environmental problems: the theses at the Xth International scientific conference, the International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University. Minsk: International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, 2020. – Pp. 218-219.

16. **Соболева, О. А.** Социально-экологическое проектирование в интересах устойчивого развития природы и общества (на примере авторского проекта «Городские родники – жемчужина Брянщины») / О. А. Соболева // Рациональное природопользование – основа устойчивого развития. – Грозный: Изд-во ЧГПУ; – Махачкала: АЛЕФ, 2020. – С. 370-376.

17. **Соболева, О. А.** Гидрохимические показатели родниковых вод города Брянска / О. А. Соболева // Университет на пути к новому качеству науки и образования : сб. статей национ. науч.-практ. конф. с междунар. уч. – Брянск: Изд-во БГУ, 2020. – С. 442-447.

18. **Соболева, О. А.** Родники Брянщины: мониторинговая база, туристические тропы и охрана / О. А. Соболева // Eurasia Green : тез. работ участников XI Междунар. конкурса науч.-исслед. проектов молодых ученых и студентов. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2020. – С. 170-175.

19. **Соболева, О. А.** Апробация экомониторинга родников Брянской области / О. А. Соболева // ЛОМОНОСОВ-2020 : Материалы Международного молодежного научного форума [Электронный ресурс] / Отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов. – М.: МАКС Пресс, 2020.

20. **Соболева, О. А.** Мониторинг родников Брянской области в национальной программе «Вода России» / О. А. Соболева // Наука будущего – наука молодых : Сб. тезисов докладов участников пятого Всерос. молодежного науч. форума. – Москва: ООО «Инконсалт К», 2020. – С. 44-45.

21. **Соболева, О. А.,** Анищенко, Л. Н., Щетинская, О. С. Экомониторинг родников малых городов Брянской области (Нечерноземье РФ) / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко, О. С. Щетинская // Экологическая химия. – 2021. – Т. 30. – №2. – С 85-92.

22. **Соболева, О. А.** Апробация экомониторинга родников Брянской области / О. А. Соболева // Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная : матер. X Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск: Изд-во БГИТУ, 2021. – С. 88-93.

23. **Соболева, О. А.,** Анищенко, Л. Н. Мониторинговые показатели родников поселений Брянской области / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко // Экотоксикология – 2021: матер. Всерос. конф. с междунар. уч. и элементами научной школы для молодежи. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2021. – С. 15-17.

24. **Плахотин, А. С., Соболева, О. А.,** Анищенко, Л. Н. Прикладное проектирование по водной экологии: опыт и обобщения в практике образовательных учреждений Нечерноземья РФ / А. С. Плахотин, О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко // Образование-2030. Учиться. Пробовать. Действовать: сб. статей VII Всерос. конф. по экологическому образованию. – Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского, 2021. – С. 203-208.

25. **Соболева, О. А.** Образование в интересах устойчивого развития (на примере социально-экологического проекта «Городские родники – жемчужина Брянщины») / О. А. Соболева // Образование-2030. Учиться. Пробовать. Действовать: сб. статей VII Всерос. конф. по экологическому образованию. – Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского, 2021. – С. 242-247.

26. **Соболева, О. А.** Современное состояние родниковых вод Брянской области (паспортизация 2019-2021 гг.) / О. А. Соболева // Комплексное использование природных ресурсов : сб. науч. тр. XIII Республиканской науч. конф. – Донецк: Изд-во ДОННТУ, 2021. – С. 90-93.

27. **Соболева, О. А.** Разработка алгоритма паспортизации родников Брянской области для экомониторинга / О. А. Соболева // XV Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых : матер. Всерос. науч. конф.: в 3 т. – Вологда : Изд-во ВоГУ, 2021. – Т. 1. – С. 383-387.

28. **Соболева, О. А.** Проектирование туристических маршрутов (экологических троп) по родникам Брянской области / О. А. Соболева // Химия, экология и рациональное природопользование : матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Махачкала: АЛЕФ, 2021. – С. 327-332.

29. **Соболева, О. А.,** Анищенко, Л. Н. Экомониторинг родников по маркерным гидрохимическим показателям в Нечерноземье РФ / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко // Динамика и взаимодействие геосфер Земли : матер. Всерос. конф. с междунар. уч.– Томск: Изд-во ТГУ, 2021. – С. 274-278.

30. **Соболева, О. А.** Мониторинговая база «Атлас родников Брянской области» в программе «Водные ресурсы Нечерноземья РФ» / О. А. Соболева // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. матер. XV Междунар. конф. аспирантов и обучающихся. – Донецк, 2021. – С. 191-193.

31. **Соболева, О. А.** Разработка и апробация информационной модели «Атлас родников Брянской области» для целей мониторинга и текущей диагностики / О. А. Соболева // Проведение исследования по приоритетным направлениям современной науки для создания инновационных технологий: матер. XIII науч.-практ. конф. молодых исследователей и специалистов. – Брянск, 2021. – С. 125-129.

32. **Соболева, О. А.,** Анищенко, Л. Н. Оценка родниковых вод Брянской области по данным эколого-химического и фитотоксикологического анализов / О. А. Соболева, Л. Н. Анищенко // Экологическая химия. – 2022. – Т. 31. – №1. – С 40-45.

33. **Соболева, О. А.** Актуальные проблемы изучения гидрохимии родников / О. А. Соболева // Водные ресурсы – основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке: матер. Национ. науч.-практ. конф. с междунар. уч. – Т. 1. – Тюмень, 2022. – С. 64-68.

34. **Соболева, О. А.** Сезонные изменения концентрации нитрат-ионов в водах родников города Брянска / О. А. Соболева // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2022. – №2(26). – С. 89-94.

35. **Соболева, О. А.** Динамика маркерных показателей родниковых вод по данным двухлетнего мониторинга / О. А. Соболева // XVI Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых. – В 3-х томах. – Вологда, 2023. – Т. 1. – С. 483-487.

36. **Соболева, О. А.** Динамика геоэкологических и гидрохимических показателей родниковых вод по данным двухлетнего мониторинга / О. А. Соболева // Экологическая химия. – 2023. – Т. 32. – № 1. – С. 6-18.

37. **Гринчак, О. А.** Оценка степени загрязнённости родниковых вод нефтепродуктами в ландшафтах с разным значением индекса гемеробности / О. А. Гринчак // Фундаментальные и прикладные аспекты биологии : сб. статей Междунар. конф. ученых-биологов. – Пермь, 2024. – С. 315-322.