ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертацию
Елены Александровны Петраковой
«МАКРОФИТЫ В ФИТОРЕМЕДИАЦИИ И БИОИНДИКАЦИИ ВОД»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата биологических наук
по специальности 03.02.08 – «Экология (в биологии)»

В диссертации Е.А. Петраковой обобщены биоиндикационные характеристики макрофитов и особенностей аккумуляции водных поллютантов их биомассой в модельных экспериментах. Работа основана на результатах комплексного биомониторинга с использованием экоаналитических, биоиндкационных, геоботанических методик. Решались задачи организации и реализации многолетних наблюдений за состоянием водных объектов, прогнозирования их состояния, построения программы фиторемедиационных мероприятий при очистке и доочистке вод в Нечерноземье РФ.

Актуальность темы

Изучение биоиндикационных возможностей макрофитов в системе биомониторинга химически опасных техногенных объектов одного из староосвоенных регионов РФ имеет большое значение. Оно обеспечивает комплексный подход к оценке состояния сред обитания и организации ремедиационных мероприятий.

Выявление эффективных поглотителей наиболее опасных загрязнителей водных объектов – тяжёлых металлов – основа конструирования биоплато на промышленных объектах различного статуса. Оно сопряжено с решением важной проблемы – обеспечение потребностей населения качественными водными ресурсами. Актуальность темы исследования не вызывает сомнений.

Научная новизна

В работе обоснованы принципы комплексного биомониторинга вод рек в реперных точках химически опасного техногенного объекта, который ориентирован на анализ компонентов сообществ водной и прибрежно-водной растительности. Предложены и апробированы одно- и двувидовые модельные поглотительные комплексы из 8 видов макрофитов для ионов Cu^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}. Впервые выявлены наиболее эффективные поглотители, что позволяет планировать видовой состав биоплато. Обосновано влияние нескольких тяжёлых металлов в растворе на поглощение их макрофитами. Впервые определены активаторы и ингибиторы поглощения, что позволяет осуществлять рациональный подбор фиторемедиаторов, контролировать динамику аккумуляции загрязнителей при комплексной очистке.

Представлена оригинальная региональная модель импактного мониторинга на опасных техногенных объектах в водных реперных точках.

Теоретическая и практическая значимость работы

Анализ накопительной способности видов водных растений по отношению к тяжёлым металлам, уровень содержания которых не регламентированы нормативными документами, представляет большой интерес для экологов и специалистов смежных профилей.

Особое значение имеют рекомендации по подбору видов макрофитов как наиболее эффективных биопоглотителей ионов тяжёлых металлов и данные по импактному мониторингу в водных реперных точках объекта по утилизации химического оружия в Брянской области. Они помогут сформировать методические основы проектирования восстановительных мероприятий.

Выявленные аккумуляционные характеристики водных видов растений по отношению к ионам тяжёлых металлов позволили сделать важные практические рекомендации. Обнаружено 8 видов, которые целесообразно использовать для очистки и доочистки вод. Сопоставлены поглотительные способности фоновых макрофитов в Нечерноземье РФ. Выяснены экологические факторы, влияющие на сорбцию ионов тяжёлых металлов. Полученные данные использованы для корректировки аннотированных списков макрофитов-биоиндикаторов, уточнения значимых для региона мониторинговых параметров на уровне сообществ водных и прибрежно-водных сообществ. Создана база для долгосрочных наблюдений на химически опасных техногенных объектах, ориентированная на прогнозирование динамики. Дополнен Регламент биомониторинга объектов по утилизации химического оружия. Обоснована система диагностики экологического качества вод водотоков в программе биомониторинга опасного техногенного объекта.

Работа выполнена в соответствии с плановой научно-исследовательской тематикой НИЛ внутривузовской лаборатории «Мониторинга сред обитания» (БГУ) по программе «Разработка региональных основ мониторинга», на основании областных целевых программам «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов Брянской области» (2015–2020 гг.).

Имеющиеся в работе элементы прикладной экологии апробированы в высших учебных заведениях Брянска. Разработаны методические рекомендации к учебным курсам, которые реализуются на направлениях биология и экология. Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» при чтении курсов экологии и проведении учебных практик и практикумов. Они учтены специалистами природоохранных организаций.

Общая характеристика работы

Объём и структура диссертации. Объём диссертации 247 страниц. Она состоит из общей характеристики работы, 4 глав, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложения. В списке литературы 414 источников, из них 99 на иностранных языках. В тексте работы 38 таблиц и 48 рисунков.

Глава 1. Изложена на 38 страницах. Рассмотрена роль растений в фиторемедиации вод в различных климатических районах, описаны эколого-биологические особенности фоновых и заносных видов. Описана история изучения фиторемедиационных возможностей растений. Проанализированы методы оценки эффективности поглотительных возможностей макрофитов, основные направления мониторинговых исследований. Сделан обзор статей, монографий, методических рекомендаций, посвященных водным и прибрежно-водным видам. Он позволил выявить направления и результаты организации биоплато в различных географических зонах нашей страны, начиная с 1938 года, а также за рубежом.

Глава содержат информацию об исследованиях миграции элементов группы тяжёлых металлов в воде. Особое внимание уделено проблеме загрязнения природных и промышленных вод и формирующемуся дисбалансу экологического качества водных объектов. Показано влияние внешних факторов, определяющих трансформацию соединений тяжёлых металлов в растворе, изменение характера воздействия этих экотоксикантов на биохимические процессы в биосистемах. Проведен критический анализ методических рекомендаций, документов, посвященных проблеме регламентации содержания тяжёлых металлов в водах. Обоснована значимость подбора эффективных поглотителей тяжёлых металлов водными и другими экологическими группами растений. Рассмотрены фоновые виды водных и прибрежно-водных растений Брянской области. Отмечена недостаточность региональных данных по поглотительным возможностям макрофитов. Подчёркнута актуальность разработки этого направления реабилитации вод и его значимость для удешевления природозащитных мероприятий и решения проблемы охраны здоровья населения староосвоенного региона. Представляют интерес аналитические данные по обзору исследований, посвящённых изучению процессов поглощения тяжёлых металлов гидрофитами в экосистемах Брянской области.

Анализ литературы позволил сделать заключение о целесообразности комплексных исследований, выявления биоиндикационных характеристик сообществ водной и прибрежно-водной растительности, обоснования использования макрофитов в очистке и доочистке природных вод, содержащих тяжелые металлы.

Глава 2 (страницы 49–74). Дана информация о природной среде Брянской области, её водной и прибрежно-водной растительности. Охарактеризованы климатические особенности, гидрология, ландшафтная

структура, почвенный и растительный покров. Автором сделан вывод о том, что водная и прибрежно-водная флора и растительность модельного региона характеризуется высоким разнообразием.

Проанализированы статистические данные об особенностях воздействия промышленных объектов на загрязнение вод в Брянской области. Выявлены показатели экологического неблагополучия рек, особенно малых.

В тексте использованы сокращения, вероятно, связанные с названиями административных районов, но необходимые пояснения отсутствуют.

Глава 3 (страницы 75-86). Охарактеризованы использованные в работе методы и подходы. Благодаря применению химических (аналитических), статистических, флористических и геоботанических методов работа имеет комплексный характер. Приведена программа исследований и экспериментов с водными культурами, даны сведения о топографии образцов водных и прибрежно-водных видов. Автором внесены дополнения и коррективы в методику определения содержания цинка в растворах.

Исследования проведены в 2013 – 2017 гг. Выполнен большой объём полевых и экспериментальных работ. Обобщены результаты натурных и камеральных исследований по определению биоиндикационной значимости видов, анализу валового содержания тяжелых металлов в образцах фитомассы и экспериментов. Для выявления экологических характеристик обработано более 170 образцов биомассы и 190 образцов грунта. Детально описаны все использованные методики. Рассмотрены особенности построения калибровочных графиков для модельных растворов ионов тяжёлых металлов с указанием соответствующих источников.

Глава 4 (с. 87–155). Проанализированы процессы поглощения тяжёлых металлов водными растениями, оценено состояние вод на реперных точках техногенного объекта Брянской области.

В разделе **4.1**. охарактеризованы специфика сорбционных возможностей изученных видов водных растений. Отмечены особенности поглощения в одновидовых модельных сорбционных комплексах ионов меди, никеля, цинка, кобальта, свинца. Выявлены морфологические изменения растений-поглотителей, установлено время экспозиции макрофитов в растворах определённой концентрации. Выделены группы активных видов-сорбентов.

Проанализированы результаты экспериментальных исследований по сорбции тяжёлых металлов при их одновременном присутствии одновидовыми модельными комплексами. Подобные данные для Нечерноземья РФ представлены впервые. Отмечены синергетические эффекты при сорбции тяжёлых металлов из растворов.

Наиболее значимы результаты исследований по созданию моно- и поликомпонентных поглотительных фитокомплексов для очистки и

доочистки вод и конструирования биоплато в условиях Неченоземья РФ. Выявлены и обоснованы эффективные би- и трикомпонентные фитокомплексы для поглощения пяти видов ионов тяжёлых металлов. Отмечено явление десорбции для поверхностных плавающих и погружённых растений, являющихся эффективным поглотителем отдельных ионов.

В разделе **4.2.** оценены индикационные возможности водных растений. Рассмотрена роль показателей количественной индикации (индексы видового разнообразия и сапробности) для определения качества поверхностных вод на химически опасных техногенных объектов в системе мониторинга, определённых Регламентом. Обсуждена интерпретация индексов и их значение для зонирования и районирования исследуемых территорий по состоянию вод. Важно то, что все полученные результаты основаны на данных мониторинговых исследований. Детально по единому плану описаны водные ценозы на реперных точках объекта.

Охарактеризованы экологические смены видов в сукцессионных рядах, что особенно важно для долгосрочного мониторинга, ориентированного на оценку процессов восстановления территорий после окончания цикла утилизации химического оружия. Показано, что показатели биомассы, первичной продукции, видового разнообразия наиболее информативны в биомониторинговых исследованиях. Полученные данные о химическом составе вод позволили рассчитать коэффициенты корреляции показателей водных сообществ и ионного состава вод. Определены индексы сапробности на репеных точках объекта, что позволило охарактеризовать состояние вод по уровню содержания кислорода и органических веществ. Сделан вывод о текущем благополучном состоянии вод в наблюдательных точках опасного объекта.

В разделе **4.3**. обсуждены особенности бионакопления трансграничных загрязнителей на трёх точках опробования. Исследовано поглощение и валовые концентрации 12 элементов группы тяжёлых металлов. Дана оценка по коэффициентам накопления. В натурных условиях рассмотрено содержание тяжёлых металлов в побеговой биомассе и корневищах четырёх экологических групп растений в водных и прибрежно-водных сообществах, что максимально полно охватывает весь спектр фоновых видов.

Несомненным достоинством работы является выделение группы «накопителей» тяжёлых металлов и сравнительная характеристика содержания загрязнителей в водных объектах на других пунктах наблюдения. Подобные данные позволяют эффективно оценивать направленность и уровень антропогенного воздействия на водные экосистемы.

Работа проиллюстрирована многочисленными рисунками и таблицами, которые даны в Приложении и в основной части. Они увеличивают наглядность представления данных, точность и полноту. Использованы современные программные средства создания карт, диаграмм и рисунков.

Е.А. Петраковой сделан вывод о возможности проведения непосредственного и опосредованного анализа влияния ионов тяжёлых металлов на экологические параметры, характеризующие процесс накопления загрязнителей в водных растворах. Обосновано использование количественных показателей сообществ водотоков в биомониторинге при экологическом контроле опасных техногенных объектов.

В материале диссертационной работы корректно и грамотно проанализирована биоиндикационная информативность водной и прибрежно-водной фитобиоты, сделана интерпретация экоаналитических данных. Представлены разноплановые характеристики модельных видов макрофитов в поглотительных комплексах.

Выводы и практические рекомендации

В выводах отмечены основные закономерности, выявленные автором. Выводы корректны и обоснованы, обобщают результаты проведённых исследований. Практические рекомендации хорошо структурированы, представляют интерес для организации регионального биомониторинга и фиторемедиации. Несомненно, они будут полезны для экологов-практиков и специалистов, ответственных за обеспечение экологической безопасности производственных объектов и организацию мониторинговых наблюдений.

Общее впечатление о работе.

В диссертации содержатся новые подходы к оценке качества вод в импактном мониторинге химически опасных техногенных объектов, создана информационная база для биоиндикации состояния вод. Обоснованы фитоаккумулятивные возможности макрофитов в отношении тяжёлых металлов в одно- и поливидовых комплексах. Работа базируется на богатом фактическом материале. Автором обработан обширный массив данных, включающих натурные и камеральные исследования, анализ статистического материала, предложены новые для территории Нечерноземья РФ фиторемедиационные методы для вод с содержанием тяжёлых металлов, обобщены результаты биомониторинга техногенных объектов. Диссертация аккуратно оформлена.

Автореферат, публикации и апробация

Основные результаты диссертации отражены в автореферате и публикациях. Текст автореферата соответствует тексту диссертации, материалы изложены логично, доступно.

По теме диссертации опубликовано 4 работы в журналах, включённых в Перечень ВАК РФ. Результаты исследований доложены автором на межвузовских, региональных, всероссийских и международных конференциях.

Замечания и пожелания

1. В работе очень много сокращений и аббревиатур. Необходимо составление отдельного Перечня, в которым даны все принятые условные обозначения.

2. Целесообразно обоснование выбора модельных видов и включение в приложение содержания Регламента биомониторинга.

3. Любые инструментальные методы исследования (в том числе, и химический) трудоёмки и дорогостоящи. Желательны специальные комментарии о целесообразности их применения с учётом уровня необходимых финансовых затрат и эффективности.

4. В главе 3 не приведены значения фоновых концентраций тяжёлых металлов, определенных автором для эталонных объектов, среди которых были особо охраняемые природные территории.

5. Не для всех тяжёлых металлов в нормативных документах указаны ориентировочно-допустимые концентраций (ОДК), для некоторых приведены предельно допустимые концентрации.

6. Растения поглощают загрязнители различными путями. Целесообразно объяснить, чем обоснован использованный в главе 4 способ определения индекса накопления.

7. Автор не дифференцирует характер воздействия на макрофиты и прибрежно-водные растения биогенных и небиогенных металлов.

8. Целесообразно сравнительное описание и ранжирование анализируемых экологических факторов, обуславливающих реакцию видов на определенные концентрации тяжёлых металлов.

Сделанные замечания не затрагивают сути работы. Диссертация выполнена на высоком методическом уровне.

Значимость для науки и производства полученных результатов

Полученные результаты позволяют определять биоэкологические статусы видов, представляют сравнимые биомониторинговые данные, что упрощает систему сбора и анализа экологической информации.

Результаты проведенных исследований станут основой для разработки и реализации комплексных программ экологического просвещения и биомониторинга. Они необходимы в связи со значительными антропогенными преобразованиями водных экосистем Брянской области (Нечерноземье РФ) и активной миграцией поллютантов по цепям питания. Они будут способствовать организации рационального природопользования.

Рекомендации по использованию результатов и выводов.

Результаты работы и выводы представляют интерес для прикладной экологии, разделов, связанных с охраной окружающей среды и рационального природопользования. Их целесообразно использовать при планировании и организации биомониторинговых исследований, а также при организации учебного процесса в вузах по направлениям «биология» и «экология».

Представленные биоиндикационные данные использованы в прогамме биомониторинга крупного особо опасного техногенного объекта Брянской области и в планировании мероприятий по восстановлению территорий после прекращения ресурсного цикла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Елены Александровны Петраковой «Макрофиты в фиторемедиации и биоиндикации вод», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук, является завершенной научно-исследовательской работой, основанной на богатом оригинальном фактическом материале. Она вносит существенный вклад в разработку подходов к биоиндикации и фиторемедиации вод, анализу аккумулятивных возможностей водной фитобиоты по отношению к тяжёлым металлам. Анализ диссертации и списка основных публикаций по теме свидетельствует о том, что Петракова Елена Александровна является сложившимся учёным в области экологических прикладных исследований, биологического мониторинга.

По актуальности, новизне, теоретической и прикладной значимости, достоверности полученных результатов диссертация соответствует всем критериям, установленным в пунктах 9–11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Елены Александровны Петраковой заслуживает присуждения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – «Экология (в биологии)».

Официальный оппонент
Доктор биологических наук, 03.02.08 Экология (биологические науки), доцент, профессор кафедры ботаники ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет».

Александра Фёдоровна Мейсурова

170100, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33
Телефон 8(4822) 32-06-80
e-mail.ru: alexandrauraz@mail.ru

«26» февраля 2018 года

Подпись Мейсуровой А.Ф. заверяю
Проректор по научной и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», профессор.

Иван Александрович Каплунов