



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор КарНЦ РАН,
чл.-корр. РАН

О.Н. Бахмет

« 07 » 10 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Института водных проблем Севера – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра
«Карельский научный центр Российской академии наук»
(ИВПС КарНЦ РАН)

на диссертационную работу **Казмирука Василия Даниловича** «Гидроэкологические процессы и реконструкция зарастающих водных объектов», представленную на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология

Актуальность темы диссертационного исследования не вызывает сомнения и определяется необходимостью знаний о внутриводоемных процессах в водных объектах в условиях их зарастания, заиливания и заболачивания, что является результатом как природных явлений, так и антропогенного влияния на водные объекты и их водосборы, а также изменения климата и распространения инвазивных видов макрофитов. При чрезмерном зарастании и поступлении загрязняющих веществ водный объект может превратиться в их накопитель с полной потерей рыбопродуктивности и деградации самой экосистемы. В таких случаях возникает необходимость инженерных мероприятий по реконструкции водного объекта, и приведенные в диссертации результаты натурных производственных экспериментов, безусловно, имеют важное практическое значение.

Научная новизна исследования состоит в разработке системного подхода к установлению и анализу общих закономерностей формирования состава вод и донных отложений разнотипных зарастающих водных объектов в естественных условиях и при проведении инженерных мероприятий по их реконструкции и обустройству. Обосновано положение о средообразующей роли высшей водной растительности и гидродинамической активности водных масс, предложена комплексная многоуровневая классификация зарастающих водотоков и водоемов, позволяющая увязать в единой

системе взаимодействие движущейся воды, седиментов и высшей водной растительности, разработаны алгоритмы определения осредненных скоростей движения воды при наличии естественной водной растительности, изучены особенности формирования химического состава вод, состава, состояния и свойств донных отложений разнотипных зарастающих водных объектов, сформулированы гидроэкологические критерии их хозяйственного использования. Впервые изучены особенности поведения микрочастиц синтетических полимерных материалов в прибрежной зоне континентальных водных объектов и механизмы задержания и депонирования микропластика в зарастающих зонах.

Теоретическая и практическая значимость работы. Совокупность научных результатов, полученных соискателем, является методической основой для комплексного анализа экологического состояния зарастающих водотоков и водоемов, их мониторинга, рационального использования, обустройства и восстановления, а также разработки технологий защиты водных объектов от загрязнения, основанных на интенсификации внутриводоёмных процессов. Результаты исследований, разработанные подходы и система мониторинга уже были использованы при подготовке и реализации целого ряда научных и водохозяйственных проектов. Имеется 8 справок о внедрении результатов диссертационного исследования. Монографии автора могут использоваться при обучении студентов и аспирантов по специальностям «Геоэкология» и «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Структура работы, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений. Диссертация изложена на 441 странице, включает введение, 6 глав (33 раздела), заключение, список условных обозначений и список использованной литературы. В тексте приводится 74 иллюстрации (включая фотографии и картографические схемы), где визуализированы основные результаты исследования, и 50 таблиц. Список литературы включает 665 наименований, из них 318 на иностранных языках. Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК, написана хорошим научным языком, имеет логичную структуру.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формулируются цели и задачи исследования, дается характеристика ее научной новизны, теоретической и практической значимости. Приведен список основных исследованных водных объектов, кратко рассмотрена методология и методы исследования, сформулированы защищаемые положения, обосновывается степень достоверности и апробация полученных результатов.

В первой главе подробно рассмотрены используемые методы исследования и особенности их применения при изучении и мониторинге зарастающих водотоков и водоемов. Показана недостаточная изученность гидроэкологических процессов в этих объектах ввиду их слабой доступности, сложности, многофакторности и разнонаправленности самих процессов. Дается сравнительный анализ факторов, способствующих и лимитирующих зарастание разнотипных водных объектов высшей водной растительностью, включая озера, водохранилища, малые и большие реки, пойменные массивы и устьевые области. В главе дан ряд формулировок терминов, используемых автором в дальнейшем изложении, в частности, ключевое значение имеет определение термина «гидродинамическая активность водных масс», хотя сам термин и ранее нередко использовался в научной литературе в различных контекстах, но не давались его трактовки.

Диссертант формулирует и обосновывает положение о том, что появление в водном объекте высшей водной растительности, захват ею части водной среды, дна, а иногда прибрежной полосы водного объекта создает особые условия развития экосистемы в этой части водоема или водотока. В зависимости от гидрологических, гидролого-морфологических, гидравлических условий, степени зарастания, морфологических и экологических особенностей макрофитов, средообразующая роль высшей водной растительности и ее функция как «экосистемного инженера» могут способствовать улучшению качества воды, донных отложений и в целом экологического состояния водного объекта. Однако при определенных условиях, при непосредственном влиянии высшей водной растительности, водный объект или его часть может превратиться в накопитель загрязняющих веществ. Приведены примеры негативных экологических последствий чрезмерного зарастания водных объектов. В главе дана, предложенная автором, комплексная многоуровневая классификация зарастающих водотоков и водоемов и антропогенных воздействий на них.

Во второй главе приведён анализ существующих знаний об особенностях экологии высшей водной растительности и проявлении этих особенностей на исследованных автором водных объектах, в частности в дельте, отмелой зоне устьевого взморья Волги, Волго-Ахтубинской пойме, Ивановском водохранилище и его притоках, оз. Селигер, других зарастающих водных объектах Верхней Волги, пресноводном ветленде в устье р. Мак-Кей, ряде водных объектов северной части Украины.

В главе рассматриваются условия произрастания высшей водной растительности, индикационные свойства макрофитов, динамика их биомассы, формирование

химического состава и деструкция растительного опада в естественных условиях. Автор предлагает использовать индикационные признаки макрофитов для анализа гидроэкологических особенностей неизученных водных объектов: определения глубин воды в зарастающих зонах, скоростей и направления течений, динамики взвешенных наносов, типа, состояния и свойств донных отложений, направленности руслового процесса, а также на ранних стадиях обнаружить возможность зарождения пионерной русловой сети. Накопление тяжелых металлов макрофитами рассмотрено на примере 19 видов растений: воздушно-водных, погруженных, с плавающими листьями и свободно плавающих. Одновременно рассматривалось содержание металлов в грунтах и воде. Деструкция растительного опада в естественных условиях изучалась автором для 6 видов высшей водной растительности.

Третья глава посвящена изучению и моделированию движения воды в зарастающих зонах. На примере отмелой зоны устьевого взморья Волги, занимающей площадь около 11 тыс. км² и заросшей более чем на 70 %, на основе собственных многолетних экспедиционных исследований диссертант рассматривает особенности формирования стоково-ветровых течений при мозаичном распределении гидравлических сопротивлений, определяемых высшей водной растительностью. Автором была предложена методика количественного определения гидравлических сопротивлений зарастающих зон, учитывающая морфологические особенности макрофитов, их густоту, видовую неоднородность и уменьшение общего сопротивления в результате возникновения за растениями водоворотных зон. Разработанный математический аппарат в дальнейшем был использован автором для разработки методик определения скоростей движения воды для случаев отсутствия данных наблюдений с осреднением отдельно в плане и по ширине потока воды. В диссертации отдельный раздел посвящен рассмотрению примеров расчёта по этим методикам.

В четвертой главе рассмотрено влияние зарастающих зон на ряд физико-химических показателей природных вод: кислородный режим, рН, биогенные элементы, растворенное органическое вещество, главные ионы, тяжелые металлы, содержание взвешенных веществ. Здесь автор особое внимание уделяет степени изолированности зарастающих зон от транзитного потока или незаросшей части водного объекта и гидродинамической активности водных масс как факторам формирования характеристик воды в зарастающих водных объектах.

По данным собственных многолетних исследований и сравнительного анализа для заросших и незаросших участков одних и тех же водных объектов, автор приходит к выводу о том, что высшая водная растительность имеет разностороннее, как прямое, так и опосредованное влияние на формирование состава природных вод и пространственную неоднородность их показателей. Прямое влияние происходит в результате жизнедеятельности растений, например, на содержание растворенного в воде кислорода, а опосредованное - через снижение гидродинамической активности водных масс, формирование обособленных пространственных структур в рамках одного водного объекта, а также через формирование состава и состояния донных отложений. Наиболее неоднородны в зарастающих водных объектах концентрации в воде тяжелых металлов. Важное значение для понимания гидроэкологических процессов в зарастающих водных объектах имеет вывод о том, что при проективном покрытии высшей водной растительностью зарастающей зоны более 70 %, особенно воздушно-водной растительностью, частицы растительного опада, находясь в полувзвешенном состоянии, выступают как дополнительная мутность, накопитель и переносчик тяжелых металлов.

В пятой главе подробно рассмотрено влияние средообразующей роли высшей водной растительности и гидродинамической активности водных масс на состав, состояние и свойства донных отложений разнотипных зарастающих водных объектов: типы донных отложений, их пространственную дифференциацию, гранулометрический состав, водно-физические свойства, содержание обменных катионов и ионов водорастворимых солей, органического вещества, биогенных элементов и металлов. Значительный интерес представляют полученные автором данные и закономерности об опосредованной роли макрофитов в формировании локальных геохимических аномалий в донных отложениях через формирование органических илов и накопление металлов в прикорневой зоне растений.

Шестая глава работы носит практический характер и посвящена рассмотрению прикладных вопросов хозяйственного использования зарастающих водотоков и водоемов, гидроэкологическим критериям их использования, барьерной роли макрофитов при загрязнении водных объектов микрочастицами природного и антропогенного происхождения, особенностям реконструкции зарастающих водных объектов и экологическим аспектам расчистки и обустройства зарастающих мелководий. Диссертантом впервые изучены закономерности изменения состава вод и донных отложений на разных этапах проведения таких инженерных мероприятий и в течение

длительного периода (продолжительностью в несколько десятилетий) после их завершения.

Особо необходимо отметить пионерные исследования автора по выявлению и изучению механизмов задержания макрофитами микрочастиц синтетических полимерных материалов с различной полимерной матрицей (полиэтилен, полистирол, полиэтилентерефталат, полиэстер). Для 14 видов высшей водной растительности показано, что для плавающих частиц (микропленок и фрагментов) из полиэтилена высокой плотности, степень их перехвата макрофитами колеблется в пределах 22-76 % при проективном покрытии растительностью акватории 50 % и 31-100 % – при проективном покрытии 100 %.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, зиждется на всестороннем критическом анализе современного уровня знаний по рассматриваемой проблеме, использовании современных методов экспедиционных и лабораторных исследований, вероятностно-статистических методов анализа данных и адекватной интерпретации результатов исследований.

Достоверность результатов работы обеспечена сравнительным анализом разнородного фактического материала, собранного автором за период более 30 лет экспедиционных работ на различных по природе и степени антропогенного влияния зарастающих водных объектах, обобщением значительного объема опубликованных данных, анализом материалов дистанционного зондирования и проверкой рабочих гипотез на основе эмпирических материалов и контрольных проб.

Несмотря на очевидные достоинства работы, следует отметить ряд замечаний по ее содержанию.

1. Описание материалов и методов, характеристика изучаемых водных объектов распределены в диссертации в различных разделах. Например, во введении очень кратко приведены методы исследования и перечень водных объектов, для которых указано лишь, что они расположены в зоне умеренного климата. Частично характеристика методов и водных объектов изложена в главе 1 (раздел 1.1). Однако для более полного представления объектов изучения и понимания их особенностей необходимы более подробные географические и климатические характеристики и районов их расположения, и самих водных объектов. В целом описание материалов и методов хорошо было бы представить в отдельном разделе диссертации.

2. Автор указывает, что среди изученных были водоемы, подверженные разному уровню и характеру антропогенной нагрузки. Однако отсутствует обоснование выбора вида антропогенного воздействия, не представлены масштабы и характеристики типов загрязнения водоемов.

3. В диссертации на стр. 25-26 указано, что автором для анализа данных натуральных измерений был применен метод главных компонент и приведено его подробное описание. Однако далее в тексте диссертации нигде не излагаются результаты применения метода главных компонент.

4. Выводы в диссертации применимы ко всем водным объектам, изученным автором? В чем причина такого однообразия реакции высшей водной растительности на условия разнотипных рек, озер, водохранилищ и др.?

5. В заключении, в выводах, мало подтверждений результатов конкретными цифрами, за исключением результатов в пунктах 8, 9, 16, 17.

Указанные замечания не имеют принципиального характера, не снижают качества и высокой научной значимости рассматриваемого диссертационного исследования.

Соответствие автореферата и публикаций положениям диссертации. Автореферат изложен на 41 странице и достаточно полно отражает содержание диссертации В.Д. Казмирука. По теме диссертации автором опубликовано 99 научных работ, включая 4 монографии и 95 статей, в том числе, 36 статей в рецензируемых изданиях (21 работа в журналах, рекомендованных ВАК). Результаты исследований докладывались автором на многочисленных российских и международных конференциях.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней. Таким образом, несмотря на высказанные замечания, диссертация Казмирука Василия Даниловича является научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. По актуальности, научной новизне, методическому уровню, объему исследований, теоретическому и практическому значению, объему и уровню публикаций работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 11.09.2021 г.), требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора географических наук, и паспорту специальности 1.6.21 - Геоэкология, а ее автор Казмирук Василий Данилович заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Отзыв ведущей организации подготовлен доктором биологических наук, руководителем лаборатории гидробиологии ИВПС КарНЦ РАН Калининкой Натальей Михайловной, рассмотрен и утвержден на заседании Ученого совета ИВПС КарНЦ РАН (протокол № 6 от « 16 » сентября 2022 г.).

Руководитель лаборатории гидробиологии, ведущий научный сотрудник
Института водных проблем Севера
Федерального исследовательского центра
«Карельский научный центр РАН», доктор биологических наук

Наталья Михайловна Калининка ✓

Калинина

Институт водных проблем Севера – обособленное подразделение
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр
Российской академии наук» (КарНЦ РАН)
185030 Республика Карелия, г. Петрозаводск, просп. А. Невского, 50
телефон: 8(8142) 57-65-20
Веб-сайт: <http://water.krc.karelia.ru/>
e-mail: cerioda@mail.ru

Я, Калининка Наталья Михайловна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.040.01 и их дальнейшую обработку.

Подпись Н.М. Калининкой заверяю:

03.10.2022 г.

Ученый секретарь
Федоросветова Н.С.
Домашникова
КарНЦ РАН

