

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Беляева Сергея Дагобертовича

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

1. Актуальность темы диссертации

Одним из негативных последствий антропогенного влияния на водные объекты является их интенсивное обмеление, заиление и чрезмерное зарастание высшей водной растительностью как результат безвозвратного изъятия жидкого стока, его перераспределения во времени и пространстве, гидротехнического строительства, эвтрофирования водоемов, а также изменения климата. Это, в свою очередь, ведет к трансформации других внутриводоемных процессов. Диапазон проявлений зарастания различных водных объектов очень широкий и изменяется от улучшения качества воды на ранних стадиях зарастания до возникновения заморных явлений, ухудшения экологического состояния и возникновения экологических, технологических и социальных проблем. Поэтому проведение комплексных исследований влияния зарастания различных по природе водных объектов с целью выявления общих закономерностей изменения внутриводоемных процессов является актуальным и своевременным.

2. Состав и содержание диссертации

Диссертационная работа изложена на 441 странице, включает 74 рисунка и 50 таблиц, состоит из введения, 6 глав, содержащих 33 раздела, заключения, списка условных обозначений и списка литературы из 665 библиографических ссылок.

Во **введении** содержится обоснование актуальности темы исследования, степень ее разработанности, цель и основные задачи исследования, его научная новизна, практическая значимость полученных результатов, дано краткое описание методов исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, обосновывается степень достоверности и приводятся сведения по апробации полученных результатов.

Первая глава посвящена рассмотрению особенностей исследования зарастающих водных объектов и их мониторингу, факторам, определяющим зарастание водотоков и водоемов, средообразующей роли водной растительности и ее функции как «экосистемного инженера». Представлена классификация зарастающих водотоков и водоемов и антропогенных воздействий на них, приведены примеры негативных экологических последствий чрезмерного зарастания водных объектов.

Рассматриваемый в главе материал дает ясное представление о том, что появление в водном объекте зарастающих зон, другими словами, захват водной растительностью части пространства, создает особую среду для формирования физико-химических характеристик природных вод и донных отложений. Разнообразие проявлений зарастания водных объектов различной природы, происходящее на фоне динамического взаимодействия гидроморфологических процессов и процессов зарастания отражается в предложенной автором классификации.

Во **второй главе** дан обстоятельный критический анализ особенностей экологии высшей водной растительности, рассматриваются условия ее произрастания, динамика биомассы и формирование химического состава. Глава в значительной степени основывается на анализе литературных источников. Продемонстрировано многообразие самой водной растительности по видовому составу, экологическим и морфологическим особенностям, механическим характеристикам, густоте и условиям

произрастания, а также сложный характер влияния растительности на функционирование экокомплекса зарастающих водных объектов.

На основе собственных многолетних наблюдений, автор приводит оригинальные данные об особенностях деструкции опада различных видов макрофитов в естественных условиях и обосновывает возможность использования их индикационных свойств для анализа гидродинамической активности водных масс, скоростной структуры потока и типов донных отложений.

Третья глава посвящена изучению движения воды при наличии высшей водной растительности. Представлены: особенности формирования стоково-ветровых течений при пространственной неоднородности гидравлических сопротивлений; уравнения мелкой воды для зарастающих водоемов и алгоритм их решения методом конечных элементов; вертикальное распределение осредненных скоростей течения воды; гидравлические сопротивления растительности; влияние растительности на процессы турбулентного перемешивания, трансформацию ветровых волн и ледовые явления. Приведены примеры расчета течений при мозаичном распределении водной растительности.

Автором разработаны алгоритмы расчета осредненных скоростей движения воды отдельно для случаев осреднения по ширине потока и по вертикали при мозаичном распределении гидравлических сопротивлений, определяемых естественной водной растительностью. Предложена полуэмпирическая формула определения гидравлических сопротивлений высшей водной растительности, позволяющая учитывать ее густоту, морфологические особенности, видовую неоднородность и уменьшение общего сопротивления отдельных растений в результате образования за ними водоворотных зон.

В четвертой главе зарастающие зоны водных объектов рассматриваются как фактор формирования химического состава природных вод. Оценивается их влияние на кислородный режим и рН, содержание биогенных элементов, растворенного органического вещества, главных ионов и тяжелых металлов, а также исследуется влияние макрофитов на концентрации взвешенных веществ.

Особый интерес представляют полученные автором данные о разнонаправленном влиянии макрофитов на формирование мутности воды в зарастающих зонах, о переносе тяжелых металлов на взвешенных частицах и тот факт, что для тяжелых металлов характерна значительно большая пространственная дифференциация, чем для других гидрохимических показателей воды.

Пятая глава диссертации посвящена изложению результатов исследований формирования механических характеристик и химического состава грунтового комплекса зарастающих водных объектов. В ней рассмотрены: механизмы формирования донных отложений и рельефа дна; типы донных отложений и их пространственная дифференциация; гранулометрический состав донных отложений, их водно-физические свойства; содержание обменных катионов и ионов водорастворимых солей, а также органического вещества, биогенных элементов и металлов.

Автором показано, что состав, состояние и свойства донных отложений зарастающих водных объектов имеют ярко выраженную гетерогенность, определяемую сложным взаимодействием разных механизмов формирования грунтов. Ведущая роль, ввиду слабого водообмена, принадлежит видовым, экологическим и морфологическим особенностям макрофитов, влияющих на гидродинамическую активность водных масс, закрепление грунтов, перехват и удержание грунтообразующего материала из растительного опада и других аллювиальных частиц.

Автор выдвигает и обосновывает тезис о том, что в природных условиях влияние макрофитов на содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях происходит опосредованно через формирование органического вещества растительного опада, задержание мелкодисперсных частиц с высокой сорбционной емкостью и изменение физико-химических условий среды. Основная роль растений состоит не в прижизненном поглощении металлов, а в создании биомассы (органического вещества) и, после отмирания надземных частей растений, удержании ее в донных отложениях, что создает условия накопления металлов. Для многих металлов существуют устойчивые линейные или логарифмические зависимости между концентрацией в донных отложениях и уровнем накопления органического вещества. В зонах устойчивой седиментации наблюдаются повышенные концентрации тяжелых металлов и происходит их депонирование, следствием чего могут быть локальные геохимические аномалии. Этому способствует накопление тяжелых металлов растениями-концентраторами и образование отложений из их растительного опада. Концентрации большинства металлов в донных отложениях в зоне корней и корневищ растений оказываются более высокими, чем в грунтах за пределами ризосферы.

Шестая глава посвящена возможностям практического применения полученных автором результатов. В ней сформулированы гидроэкологические критерии хозяйственного использования зарастающих водотоков и водоемов, приведены результаты исследований барьерной роли макрофитов при загрязнении водных объектов микрочастицами природного и антропогенного происхождения, а также особенности реконструкции зарастающих водных объектов и экологические аспекты расчистки и обустройства зарастающих мелководий. На основе производственных экспериментов изучены закономерности формирования состава вод и донных отложений в условиях проведения таких инженерных мероприятий и после их завершения.

Особо следует отметить проведенные автором натурные экспериментальные исследования поведения микрочастиц синтетических полимерных материалов в прибрежной зоне водных объектов и взаимодействие этих микрочастиц с макрофитами, выявление и описание механизмов перехвата и депонирования пластиковых микрочастиц буферными зарастающими зонами. Например, выявленный автором эффект притягивания микрочастиц растениями и определение расстояния, с которого начинается это притягивание, может быть использован при разработке экологических методов защиты водных объектов от загрязнения микропластиком. Установленные закономерности в формировании скоростей попадания пластиковых микрочастиц различной природы из прибрежной полосы в водные объекты так же представляют практический интерес.

В **заключении** автор приводит основные выводы по работе.

3. Научная новизна и практическая значимость результатов работы

Основываясь на собственных многолетних экспедиционных исследованиях естественных и антропогенно нарушенных зарастающих водных объектов, лабораторных работах и критическом сравнительном анализе значительного количества опубликованных материалов, автор развивает концепцию экосистемного инжиниринга для зарастающих водных объектов и обосновывает положение о множественной и разнонаправленной средообразующей роли макрофитов при формировании состава вод и состава, состояния и свойств донных отложений разнотипных водных объектов в естественных условиях. Показано, что различные уровни проявления средообразующей роли макрофитов и сама возможность их существования как биологических объектов зависят от комплекса гидролого-морфологических условий, интегральной характеристикой которых может быть гидродинамическая активность водных масс.

В работе предложена комплексная многоуровневая классификация зарастающих водных объектов, в которой увязывается в единой системе

взаимодействие движущейся воды, седиментов и макрофитов, что дает возможность анализа этого взаимодействия для водных объектов разной структурной организации. Автором разработаны методики определения гидравлических сопротивлений и осредненных скоростей движения воды при наличии водной растительности, изучены особенности влияния макрофитов на формирование физико-химических характеристик воды при различной степени и структуре зарастания. Несомненный интерес представляют полученные результаты по формированию состава донных отложений при зарастании водных объектов. В частности – пространственная дифференциация тяжелых металлов, вызванная присутствием макрофитов.

Практический интерес представляют результаты натуральных экспериментов по изменению состава воды и донных отложений при проведении инженерных мероприятий по реконструкции и улучшению экологического состояния чрезмерно заросших водных объектов. К значительным результатам работы следует отнести предложения автора по использованию буферных зон из макрофитов для защиты водных объектов от загрязнения микропластиком. Эти предложения обоснованы серией экспериментов с микрочастицами синтетических полимерных материалов, а также анализом механизмов перехвата пластиковых микрочастиц.

Результаты диссертационного исследования представляют значительный практический интерес. Они могут быть использованы при планировании и реализации инженерных мероприятий по улучшению экологического состояния чрезмерно заросших, заиляющихся и заболачивающихся водных объектов, а также для разработки технологий защиты водных объектов от загрязнения, основанных на интенсификации водоохраных функций макрофитов. В диссертации приведен внушительный список проектов, в которых использованы научные результаты проведенных автором исследований.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Автором выполнен детальный критический анализ научно-технической литературы по функционированию природных процессов в аквальных комплексах зарастающих водных объектов. Список использованных литературных источников состоит из 665 наименований, в их числе 318 зарубежных работ. Корректная постановка задач исследования, тщательное проведение комплексных натурных измерений, использование современного оборудования и методик проведения анализов, контрольных проб и стандартных образцов, статистическая обработка данных, сравнительный анализ, согласованность результатов анализа полученных материалов друг с другом и с данными литературных источников обеспечивают обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов диссертации. Следует также отметить многократное практическое использование полученных автором выводов и рекомендаций, о чем имеются соответствующие справки о внедрении.

5. Полнота изложения материалов диссертации в публикациях соискателя

Основные положения диссертации изложены в 4 монографиях и 99 статьях, в том числе в 36 статьях в рецензируемых изданиях (21 работа в журналах, рекомендованных ВАК). Результаты работы докладывались и обсуждались более чем на 50 профильных всероссийских и международных научных конференциях, симпозиумах и семинарах. Основные положения диссертации опубликованы.

6. Замечания по работе

При всех несомненных достоинствах работы, имеется ряд замечаний к тексту диссертации и автореферата.

1. Во введении и тексте диссертации автор отмечает, что на зарастание водных объектов влияет изменение климата. Теоретическому анализу этой проблемы в работе не уделено должного внимания.
2. Некоторые разделы и подразделы диссертации начинаются с обширного (по нашему мнению – избыточного) описания и литературного обзора рассматриваемой проблемы (см., например, п. 5.8 диссертации), что, при отсутствии явного указания, несколько затрудняет оценку вклада автора в ее разрешение.
3. В тексте диссертации слишком часто используются выражения «по-видимому», «можно предположить» и т.п., что, в некотором роде, «размывает» доказательную базу.
4. Некоторые утверждения (которые, впрочем, не влияют на основной результат работы) не выглядят убедительными и остаются без доказательств. К таким, например, можно отнести (стр. 226 диссертации): «Основным источником поступления Cu в экосистему Иваньковского водохранилища являются сточные воды предприятий химической промышленности». Никаких данных в подтверждение этого тезиса не приводится. При этом известно, что большая часть массы Fe, Cu, Mn, Zn, поступающих в водные объекты, формируется на водосборе и поступает в водные объекты под воздействием природных факторов. Что косвенно подтверждается и упоминаемой автором тесной связью высоких концентраций Cu и Fe в донных отложениях Иваньковского водохранилища, при условии, что «природное происхождение» повышенных концентраций Fe автором прямо отмечено.
5. Учитывая разнообразие природных условий, оказывающих воздействие на формирование стока, высшей водной растительности и пр., было бы уместно дать некие оценки применимости сделанных в работах выводов и полученных результатов в привязке к этим условиям, сделать некоторые географические обобщения.
6. В автореферате не приведено достаточного обоснования формулы (1).

7. В автореферате следовало бы уделить больше внимания результатам и методам исследования взаимодействия микропластика с макрофитами.
8. В автореферате и диссертации имеется заметное число опечаток и других редакционных погрешностей.

7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Несмотря на указанные недочеты и высказанные замечания, диссертация Казмирука Василя Даниловича «Гидроэкологические процессы и реконструкция зарастающих водных объектов» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена крупная научная проблема, имеющая важное значение для методического обеспечения проведения инженерных водохозяйственных мероприятий по реконструкции и улучшению экологического состояния рек и водоемов, подверженных чрезмерному зарастанию, для обеспечения устойчивого длительного использования экологических функций макрофитов.

Работа отвечает требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора географических наук и ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора географических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология.

Официальный оппонент

Доктор географических наук Беляев Сергей Дагобертович
специальность 25.00.36 - Геоэкология



Сведения о составителе отзыва

ФИО: Беляев Сергей Дагобертович

Адрес: 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 23

E-mail: belyaev@wrm.ru

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение
Российский научно-исследовательский институт комплексного
использования и охраны водных ресурсов, Уральский филиал

Должность: заведующий отделом управления водными ресурсами

Я, Беляев Сергей Дагобертович, даю согласие на включение своих
персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного
совета 24.1.040.01 и их дальнейшую обработку.

29 сентября 2022 года

Подпись Беляева С.Д. заверяю
Ведущий специалист по кадрам
Уральского филиала ФГБУ РосНИИВХ



Кочеткова Л.В.