

На правах рукописи



Зубарев Виталий Александрович

**ВЛИЯНИЕ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ
КОМПЛЕКСОВ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

03.02.08 – Экология (биология)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Биробиджан – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН
Фрисман Ефим Яковлевич

Официальные оппоненты: **Зинченко Татьяна Дмитриевна**
доктор биологических наук, профессор, лауреат премии РФ в области науки и техники, Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук, заведующая лабораторией экологии малых рек

Черникова Ольга Владимировна
кандидат биологических наук, Федеральное казенное образовательное учреждение высшего образования «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний», преподаватель кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук

Защита состоится «__» _____ 2020г. в ____ ч. на заседании диссертационного совета Д 212.025.07 при ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, корп. 1, ауд. 335.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте <http://diss.vlsu.ru/>

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, можно присылать по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ, кафедра биологии и экологии.

Автореферат разослан «__» _____ 2020г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Кулагина Екатерина Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Состояние пойменно-руслых комплексов (ПРК), расположенных в бассейне р. Амур на Дальнем Востоке России, определяется рядом природных факторов, связанных с неустойчивостью водного режима в условиях муссонного климата, слабой способностью водных экосистем к самовосстановлению, специфическими особенностями формирования химического состава воды в пределах различных ландшафтов, на которые накладывается влияние разнообразных видов антропогенеза (Воронов, Махинов, 2009). Традиционным видом использования ПРК являются сельскохозяйственные пахотные угодья, которым необходим целый ряд мелиоративных и агротехнических работ. Их правильная организация невозможна без предварительного исследования. Осушение земель на начальном этапе мелиоративного строительства (1930–1940 гг.) оказало весьма ощутимое воздействие на окружающую среду, так как оно проводилось почти без учета требований охраны природной среды.

Различные аспекты процессов осушения и мелиорации исследовались специалистами фрагментарно и весьма неполно. Значительное количество работ посвящено изучению закономерностей трансформации мелиорированных почв (Костяков, 1960; Степанов, 1969; Зайдельман, 2014 и др.) и гидрологических режимов поверхностных водотоков (Булавко, 1968; Вомперский, 1988; Ивашкевич, 2002 и др.). Немало внимания уделяется оценке качества поверхностного стока (Окулик, 1984; Стрельбицкая, 2003 и др.) и грунтовых вод (Станкевич, 1978; Маслов, 2001 и др.). В то же время, практически отсутствуют работы комплексного характера, в которых в совокупности учитывались бы последствия воздействия мелиорации на несколько компонентов ПРК.

Существующая в бассейне Амура сеть наблюдений за состоянием малых рек фрагментарна и не полностью отвечает задачам экологического мониторинга. Значительная часть водотоков, в основном малых равнинных рек, наблюдениями вообще не охвачена.

Одно из наиболее существенных негативных влияний на компоненты ПРК (*пойменные почвы, поверхностные воды, донные отложения, макрофиты, гидробионты*) оказывают тяжелые металлы (ТМ). В группу наиболее распространенных ТМ, по мнению многих авторов, входят железо (Fe), марганец (Mn), медь (Cu), никель (Ni), цинк (Zn), свинец (Pb) и их соли, характеризующиеся длительным сохранением в воде, накоплением в донных отложениях и водной экосистеме в целом (Бокрис, 1982; Израэль, 1984; Христофорова, 1994 и др.). Опасность ТМ в водной экосистеме усугубляется тем, что, в отличие от органических веществ, они не подвержены разложению, способны к процессам комплексообразования, гидролиза, окисления-восстановления, могут мигрировать и накапливаться в различных компонентах речных экосистем. Для экологической оценки ПРК в условиях постоянного техногенного прессинга, наряду с контролем содержания ТМ в компонентах экосистем, необходимо изучать особенности их аккумуляции и миграции по компонентам ПРК. Результаты таких исследований позволяют предложить более эффективные рекомендации для сохранения и устойчивого использования преобразованных ПРК малых рек.

Целью работы является оценка влияния осушительной мелиорации на экологическое состояние ПРК малых рек Среднеамурской низменности.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1. Определить уровни содержания ТМ и их пространственно-временное распределение в различных компонентах ПРК малых рек, подверженных влиянию осушительной мелиорации.
2. Выявить закономерности процесса транзита-аккумуляции ТМ в периоды с разным уровнем воды в реках.
3. По содержанию ТМ провести интегральную оценку влияния осушения на компоненты ПРК малых рек.
4. Установить влияние осушительной мелиорации на содержание ТМ в макрофитах и гидробионтах.

Научная новизна работы. Впервые для Среднеамурской низменности проведена оценка влияния осушительной мелиорации на изменение концентраций ТМ в компонентах ПРК малых рек – пойменных почвах, поверхностных водах, донных отложениях, гидробионтах, макрофитах. Выявлены особенности распределения растворенных и взвешенных форм ТМ в малых реках, подверженных влиянию осушительной мелиорации. Определено влияние изменения гидрологического режима реки на перераспределение ТМ в воде и донных отложениях. Проведена оценка процессов транзита-аккумуляции ТМ в триаде «пойменные почвы – поверхностные воды – донные отложения» (для малых рек Среднеамурской низменности, подверженных влиянию осушительной мелиорации).

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты работы способствуют более глубокому пониманию процессов миграции, концентрации и перераспределения различных форм ТМ в ПРК малых рек, подверженных влиянию осушения, на Среднеамурской низменности. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования и создания методов оценки качества вод и более эффективных систем контроля для своевременного оперативного предупреждения нежелательных экологических нарушений водных экосистем, а также при разработке мероприятий по реконструкции осушительных систем, предотвращению или ограничению негативного воздействия сбросных вод на состояние малых рек. Особенности влияния осушения заболоченных земель на состояние ПРК малых рек Еврейской автономной области (ЕАО) могут быть положены в основу учебных курсов «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» для студентов специальности «Экология».

Положения, выносимые на защиту:

1. Осушительная мелиорация приводит к снижению концентраций ТМ в пойменных почвах, снижению качества воды и повышению содержания ТМ в донных отложениях в ПРК малых рек Среднеамурской низменности.
2. ПРК малых рек Среднеамурской низменности, бассейны которых осушены менее чем на 15%, способны к самоочищению и самовосстановлению. При осушении бассейна более чем на 15% происходит усиленная миграция (вынос) ТМ, приводящая к ухудшению экологического состояния ПРК, дальнейшее восстановление которых требует вмешательства человека.

Объектом исследования являются ПРК малых рек Среднеамурской низменности, **предметом** – процессы транзита-аккумуляции ТМ в ПРК малых рек, подверженных влиянию сельскохозяйственной мелиорации.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на анализе научной отечественной и зарубежной литературы, ранее

проведенных исследований. В работе использованы экспериментальные, полевые, лабораторные, аналитические и статистические методы исследований.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов и обоснованность выводов проведенного исследования подтверждены использованием комплекса методов, адекватных целям и задачам работы, использованием статистических методов, практической апробацией результатов. Основные положения и результаты исследования докладывались и обсуждались на конференциях и научных форумах различных уровней. *Международные:* «Реки Сибири и Дальнего Востока» (Хабаровск, 2012), «Международный научно-образовательный форум Хейлуцзян-Приамурье» (Биробиджан, 2013), «Водные и экологические проблемы центральной Азии» (Барнаул, 2014), International Workshop «Climate Change Adaptation and Mitigation: Sustainable Agriculture and Health Security» (Биробиджан, 2018); *Российские:* «Стратегия устойчивого развития регионов России» (Новосибирск, 2010), «Экологический риск и экологическая безопасность» (Иркутск, 2012), «Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата» (Хабаровск, 2014); *Региональные:* «Территориальные исследования: цели, результаты и перспективы» (Биробиджан, 2009, 2011, 2013, 2015, 2017), «Актуальные проблемы экологии, морской биологии и биотехнологии» (Владивосток, 2010), «Геосистемы в Северо-Восточной Азии. Типы, современное состояние и перспективы развития» (Владивосток, 2018). Результаты также были представлены на областном смотре-конкурсе научных работ молодых ученых и аспирантов высших учебных заведений и организаций науки Еврейской автономной области (Биробиджан, 2009-2014).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 32 научные работы, в том числе 11 статей в ведущих рецензируемых научных журналах из списка ВАК РФ, из них четыре статьи в научных журналах, включенных в международные базы данных.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 135 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (243 источника, в том числе 25 иностранных). Работа содержит 8 таблиц, 33 рисунка.

Личный вклад автора. Тема, цель, задачи, объекты, методы и план исследования определены автором совместно с научным руководителем. Автор принимал личное участие в разработке программы исследований, сборе полевых материалов, обработке и научном анализе полученных полевых и лабораторных данных, а также в публикации результатов исследований. Анализ и обобщение полученных результатов, формулировка выводов и основных защищаемых положений, выполнены лично автором. Доля личного участия автора в проведенных исследованиях не менее 95%. Автор выражает глубокую благодарность за критические замечания и неоценимую помощь на всех этапах работы научному руководителю к.х.н., доценту Р.М. Коган; благодарность за помощь, рекомендации и замечания соруководителю д.б.н., чл.-корр. РАН Е.Я. Фрисману. Автор искренне признателен д.с.-х.н. Ю.А. Мажайскому, д.б.н. Н.К. Христофоровой, к.б.н. Е.А. Григорьевой, к.г.н. Д.М. Фетисову и к.г.н. А.В. Аношкину за интерес к работе и плодотворное сотрудничество.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность темы, сформулированы цель, задачи, защищаемые положения, отражены научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе рассмотрены теоретические и методологические основы оценки ПРК малых рек, подверженных влиянию осушительной мелиорации. Анализ современного состояния исследований свидетельствует о том, что осушительная мелиорация оказывает влияние на изменение всех природных компонентов: почвенного покрова, поверхностных и подземных вод, а так же растительный и животный мир. Оценка этих изменений у разных исследователей различна, а часто и противоречива, что осложняется еще и тем, что вызванные мелиорацией изменения, накладываются на весьма динамичную систему, находящуюся под влиянием многочисленных факторов. Одной из таких систем являются ПРК, в которых в основном и проводится осушительная мелиорация. ПРК – саморазвивающаяся, активно функционирующая, очень подвижная система (Чернов, 2009). В компонентном отношении в ПРК входит не только русло и водоток, но и компоненты, слагающие его, пойменные почвы, растительность и животный мир, донные отложения, закономерно сочетающиеся в пределах одной территории и образующие отдельные природно-территориальные комплексы различного ранга. Таким образом, для проверки правильности выводов об источниках, объемах и механизмах поступления загрязняющих веществ необходимо рассмотреть как среды-накопители (почвы и донные отложения), так и транспортирующие среды (поверхностные воды). В связи с этим влияние мелиоративных работ на состояние ПРК изучалось в системе: «пойменные почвы – поверхностные воды – донные отложения». Дренажные и поверхностные воды выносят из пойменных почв различные химические соединения, поступающие в водотоки, оседающие в донных отложениях, при этом часть соединений может аккумулироваться, а часть вымываться из них, вторично загрязняя поверхностные воды (Ларина и др., 2001). При экологической оценке ПРК и водотоков Среднеамурской низменности ранее данный подход не применялся, и такие исследования представляют научный и практический интерес.

Во второй главе подробно описаны отбор и подготовка проб для определения ТМ, методы анализа проб пойменных почв, поверхностных вод, донных отложений, водной растительности и гидробионтов. В связи с особенностями геологии, рельефа и климата Среднеамурской низменности для создания необходимых условий в области ведения сельскохозяйственного производства более 60 лет проводилась широкомасштабная мелиорация земель, целью которой было осушение тяжелых по гранулометрическому составу почв. На территории ЕАО в составе земель сельскохозяйственного назначения болота занимают 28% (1015 тыс. га), для использования которых действует 76 осушительных и семь оросительных систем общей площадью 89,1 тыс. га. Они расположены, в основном, в поймах малых рек, которые питают средние левобережные притоки р. Амур и наиболее быстро реагируют на мелиорацию земель (рис.1).

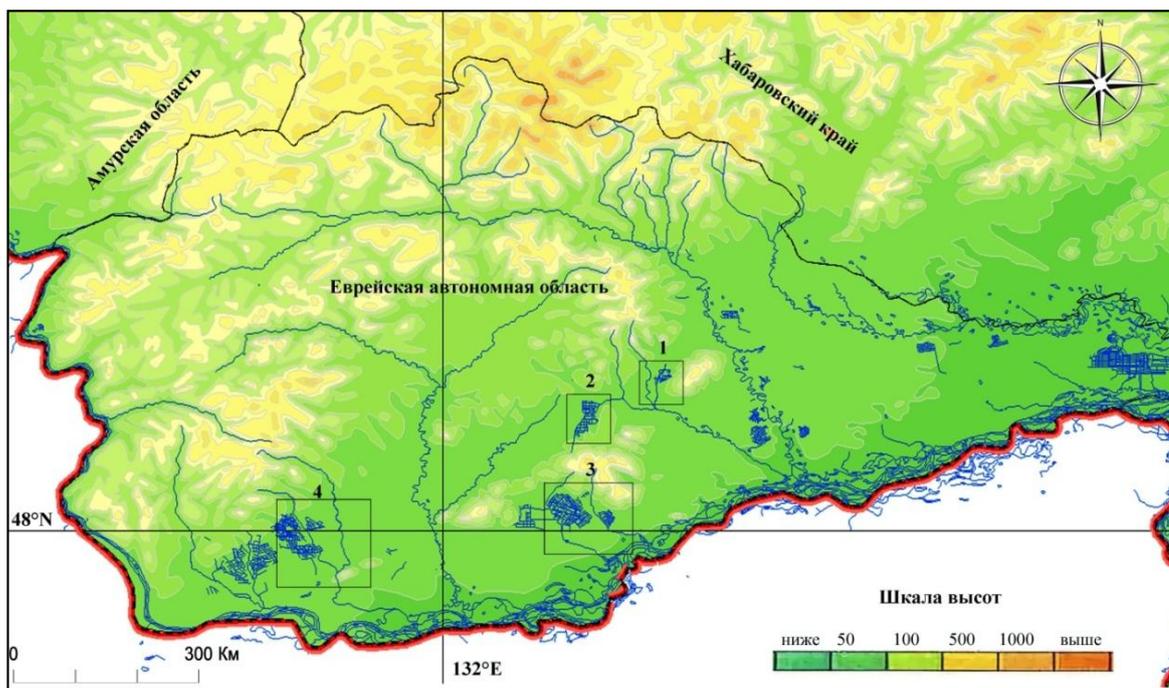


Рисунок 1. Районы проведения исследовательских работ, юго-западная часть Среднеамурской низменности. Цифрами на карте обозначены полигоны исследований

Из всех представленных на рисунке 1 водотоках нами были выбраны пять рек, относящиеся к категории малые, такие как Ульдура, Грязнушка, Солонечная, Вертопрашиха, Осиновка. Они являются приемниками дренажных вод с осушительных мелиорационных систем. По морфометрическим и гидрографическим характеристикам в качестве фоновых были выбраны р. Ушумун и р. Кулемная, в бассейнах которых отсутствуют какие-либо виды антропогенного влияния.

Для изучения влияния осушительной мелиорации на изменение экологического состояния ПРК малых рек были проведены полевые исследования с 2009-2018 гг. Отбор проб производился выше и ниже районов проведения мелиоративных работ, а также непосредственно в месте впадения дренажного канала в водоток. Отобрано всего 900 проб (350 воды, 225 почв, 225 донных отложений, 50 водной растительности и 50 гидробионтов). В каждой точке отбор проб производился в трехкратной повторяемости (рис. 2).

Изменение экологического состояния пойменных почв и донных отложений оценено по суммарному коэффициенту загрязнения ($Z_{ст}$) с индексом, отражающим классы опасности ТМ (Водяницкий, 2005). $Z_{ст} = \sum(K_c * K_{T_i}) - (n-1)$, где K_{T_i} – коэффициент токсичности i -го элемента. Ю.Н. Водяницкий придал среднему классу (элементам второго класса опасности) коэффициент $K_{T_i} = 1,0$, т.е. оставил их вклад без изменения, элементам третьего класса опасности придать понижающий коэффициент $K_{T_i} = 0,5$, а элементам первого класса опасности – повышающий коэффициент $K_{T_i} = 1,5$.

Для суммарной оценки влияния осушения на поверхностные воды был использован индекс загрязнения воды (ИЗВ), который рассчитывается по формуле: $ИЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$ где: C_i – концентрация ТМ, $ПДК_i$ – предельно допустимая

концентрация ТМ для вод хозяйственно-питьевого водоснабжения, n – количество ТМ.

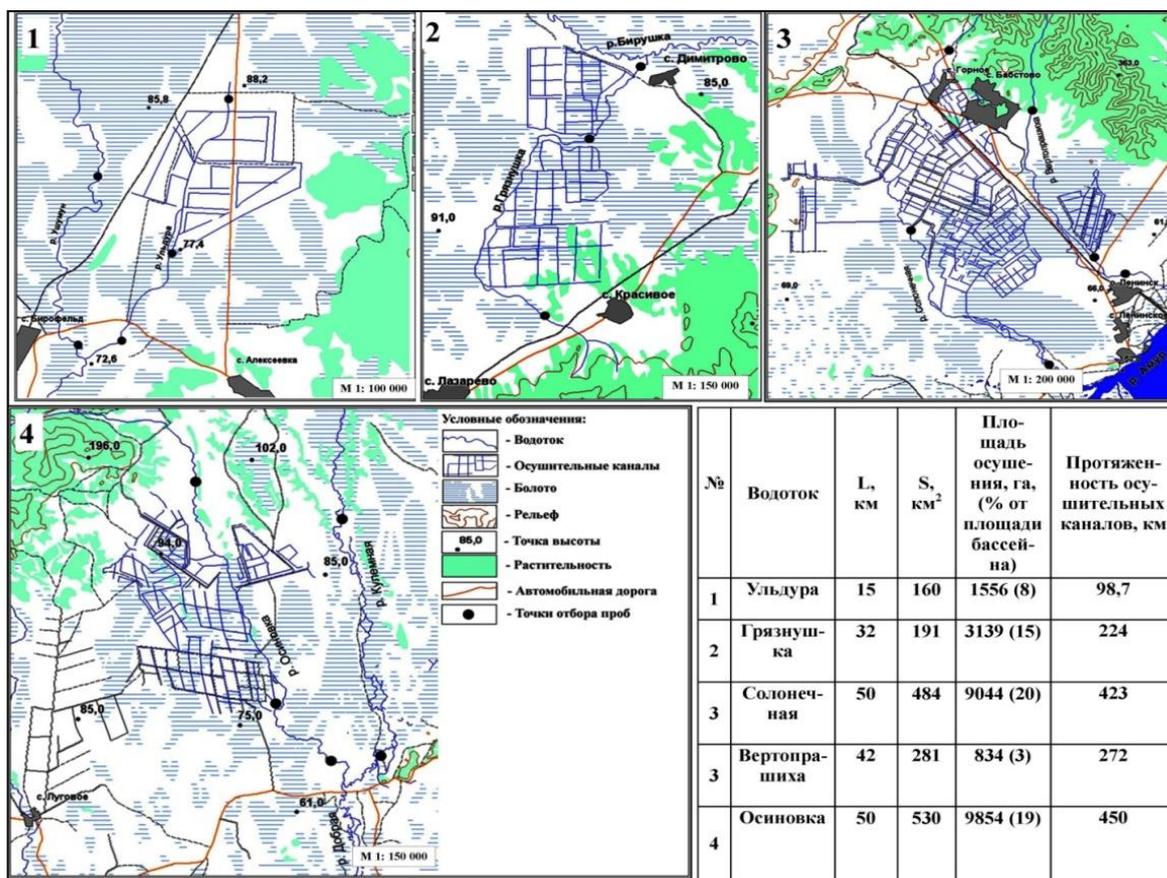


Рисунок 2. Точки отбора проб 2009–2018 гг.

В третьей главе представлены результаты **пространственно-временной** **вариабельности процессов транзита-аккумуляции ТМ в пойменных почвах, воде и донных отложениях малых рек Среднеамурской низменности.**

При строительстве осушительных мелиорационных сооружений в границах ПРК происходит уничтожение гидроморфных комплексов, лесной и кустарниковой растительности, нивелировка местных локальных природных различий путем прокладки дренажа, что приводит к формированию антропогенного ПРК. Все это потенциально влияет на процессы транзита-аккумуляции ТМ в почвах, поверхностных водах и донных отложениях. Сравнение химического состава проб показало, что в осушенных почвах содержание ТМ всегда ниже, чем неосушенных, и оно зависит от степени затопления пойм атмосферными осадками в течение сельскохозяйственного сезона (рис. 3). В поймах рек Ушумун и Кулемная концентрации всех ТМ как в верхнем течении, так и нижнем, практически не отличаются.

Во всех исследуемых образцах концентрации Fe превышают кларковые значения для почв – 38000 мг/кг примерно в 1,5 раза. Самые низкие концентрации Fe определены в поймах рек Ульдура и Грязнушка, наиболее высокие – Солонечная и Вертопрашиха. При мелиорировании, в пределах осушенной территории, концентрации железа во всех почвах снижаются. В образцах, не подверженных влиянию осушения (верхнее и нижнее течения), железо общее примерно на 80% находится в виде двухвалентного (закисного) железа, и 20%

приходится на трехвалентное (окисное) железо. При дренировании осушительными каналами создаются условия улучшенной аэрации, способствующие снижению влажности и изменению рН в сторону нейтральной среды, что приводит к возрастанию трехвалентного железа до 40%.

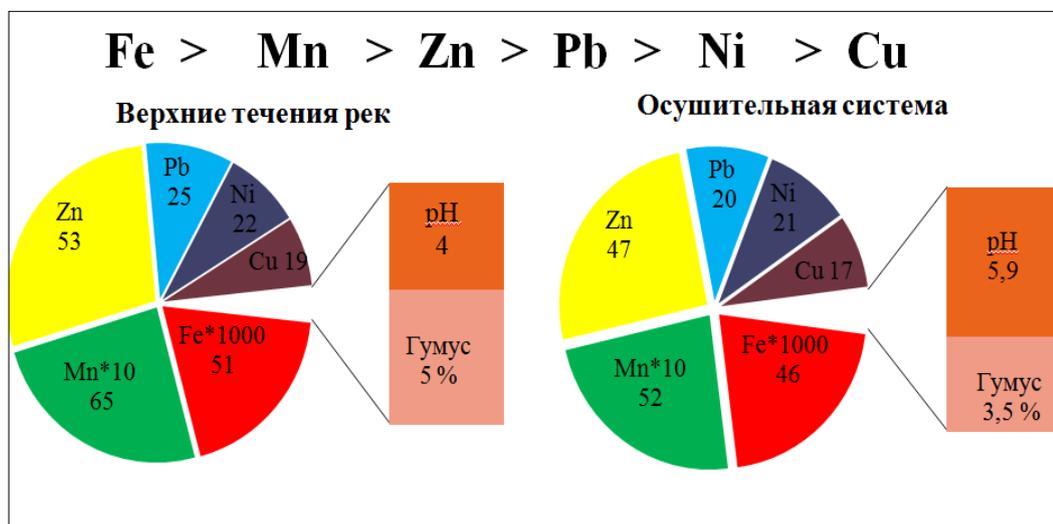


Рисунок 3. Средние концентрации валовых форм ТМ в пойменных почвах 2009–2018 гг., мг/кг.

Содержание **Mn** в пойменных почвах, не подверженных влиянию осушения, находится в пределах 650-670 мг/кг, при мелиорировании его концентрации снижаются в 1,2-1,5 раза. Наибольшие снижения концентраций прослеживаются для пойм рек Солонечная и Осиновка, что, возможно, связано с изменением кислотности и гумуса почв при катастрофическом наводнении 2013 г.

Содержание **Zn** в неосушенных пойменных почвах, находится в пределах 70–80 мг/кг, при мелиорировании его концентрации снижаются в 1,5-2 раза. Максимальное содержание Zn наблюдалось в 2013-2014гг. – 75,5 мг/кг на осушительных системах пойменных почв рек Солонечная и Осиновка, что в два раза больше, чем на других сравниваемых участках.

Концентрация **Pb** в почвах выше района проведения осушительных работ находится в пределах 20–25 мг/кг. В пойменных почвах, отобранных в районах осушительной мелиорации, прослеживается снижение концентраций Pb во всех точках по отношению к неосушенным поймам. Однако в период наводнения 2013–2014 гг. наблюдается увеличение концентраций свинца. Была установлена прямая корреляционная зависимость ($r = 0,6$) между содержанием валовых форм свинца и изменением величины рН среды, а также ($r = 0,7$) объемом выпавших атмосферных осадков для пойменных почв рек Солонечная и Осиновка, подверженных влиянию осушения.

На осушительных системах концентрации валовых форм **Cu**, по сравнению с фоном, снижаются. При этом наименьшие концентрации меди отмечены в период катастрофического наводнения 2013 г. в почвах рек Солонечная и Осиновка.

Содержание **Ni** в почвах, в основном, зависит от насыщенности этим элементом почвообразующих пород. Наибольшие концентрации валовых форм никеля были получены для глинистых почв, поскольку Ni соосаждается на $Fe(OH)_3$. При облегчении гранулометрического состава концентрация металла уменьшается.

Одним из основных факторов, обуславливающих подвижность ТМ, является **кислотность почв**. В неосушенных пойменных почвах, которые относятся к кислым и слабокислым, при мелиорировании и прокладке дренажа изменяются кислородные условия почв. Кроме того, при сельскохозяйственном использовании этих земель вносятся различные удобрения и раскислители, приводящие к изменению рН почв в более нейтральную сторону. При этом, при наводнении, приводящем к полному затоплению пойм некоторых водотоков, происходит смыв внесенных удобрений, что также приводит к снижению значений рН. Было выявлено, что верхние плодородные горизонты неосушенных пойменных почв (0–20 см) содержали больше **гумуса**, чем мелиорированные. Мелиорация приводит к уменьшению содержания гумуса, что может вызывать снижение концентраций некоторых ТМ в почвах.

Изменение экологического состояния пойменных почв оценено по суммарному коэффициенту загрязнения с индексом, отражающим классы опасности ТМ ($Z_{ст}$) (рис. 4).

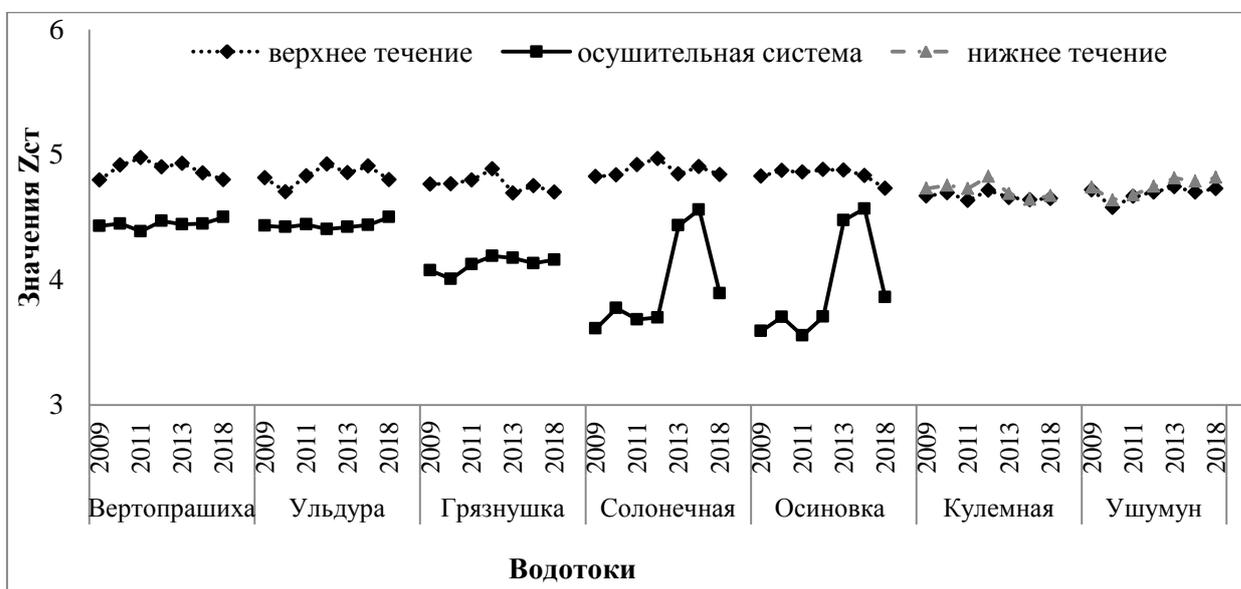


Рисунок 4. Суммарные коэффициенты загрязнения пойменных почв тяжелыми металлами

Суммарный коэффициент загрязнения пойменных почв тяжелыми металлами показывает, что осушительная мелиорация приводит к снижению концентраций ТМ. По величине $Z_{ст}$ (рис. 4) немелиорированные почвы (верхнее и нижнее течение) имеют наибольшие коэффициенты, при мелиорировании (осушительная система) эти значения снижаются, при этом по шкале $Z_{ст}$ все исследуемые образцы пойменных почв относятся к первой категории – «низкое загрязнение почв». В поймах рек Солонечная и Осиновка в период наводнения 2013 г. происходит рост значений $Z_{ст}$, что связано с увеличением концентраций таких ТМ как Zn и Pb, которые поступают в почву с пестицидами и удобрениями.

Гидрохимическая и гидрологическая составляющая состояния природных вод является одной из основных и первостепенно значимых в сложном механизме постоянно меняющихся внешних условий на водосборе и протекающих внутриводоемных процессов.

В период исследований наименьшие t° воды от $+16$ до $+18^\circ\text{C}$ были характерны для верхних течений рек, в месте впадения мелиоративного канала в реку прослеживалось увеличение t° воды от $+22$ до $+23^\circ\text{C}$.

Среднее значение показателя **pH** воды малых рек выше района проведения мелиорации составляет 6,48 ед. pH. В районах ниже проведения осушительной мелиорации водородный показатель в период наблюдений изменялся в пределах 7,0-8,0 ед. pH.

Концентрации растворенного кислорода (O_2) поверхностных вод, верхних участков, также нижних течений рек Кулемная и Ушумун, составлял 11-14 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$. В поверхностных водах рек Солонечная и Осиновка (место впадения осушительного канала и нижних течений) зафиксировано пониженное содержание кислорода 5,5-6,1 $\text{мг}/\text{дм}^3$. При этом вода рек имела ржавый окрас с интенсивным запахом сероводорода, источником которого, возможно, могли послужить сульфаты, поступавшие с водосбора. Наводнение 2013 г. положительно повлияло на кислородный режим данных рек, повысив его примерно на 2-3 $\text{мг}/\text{дм}^3$.

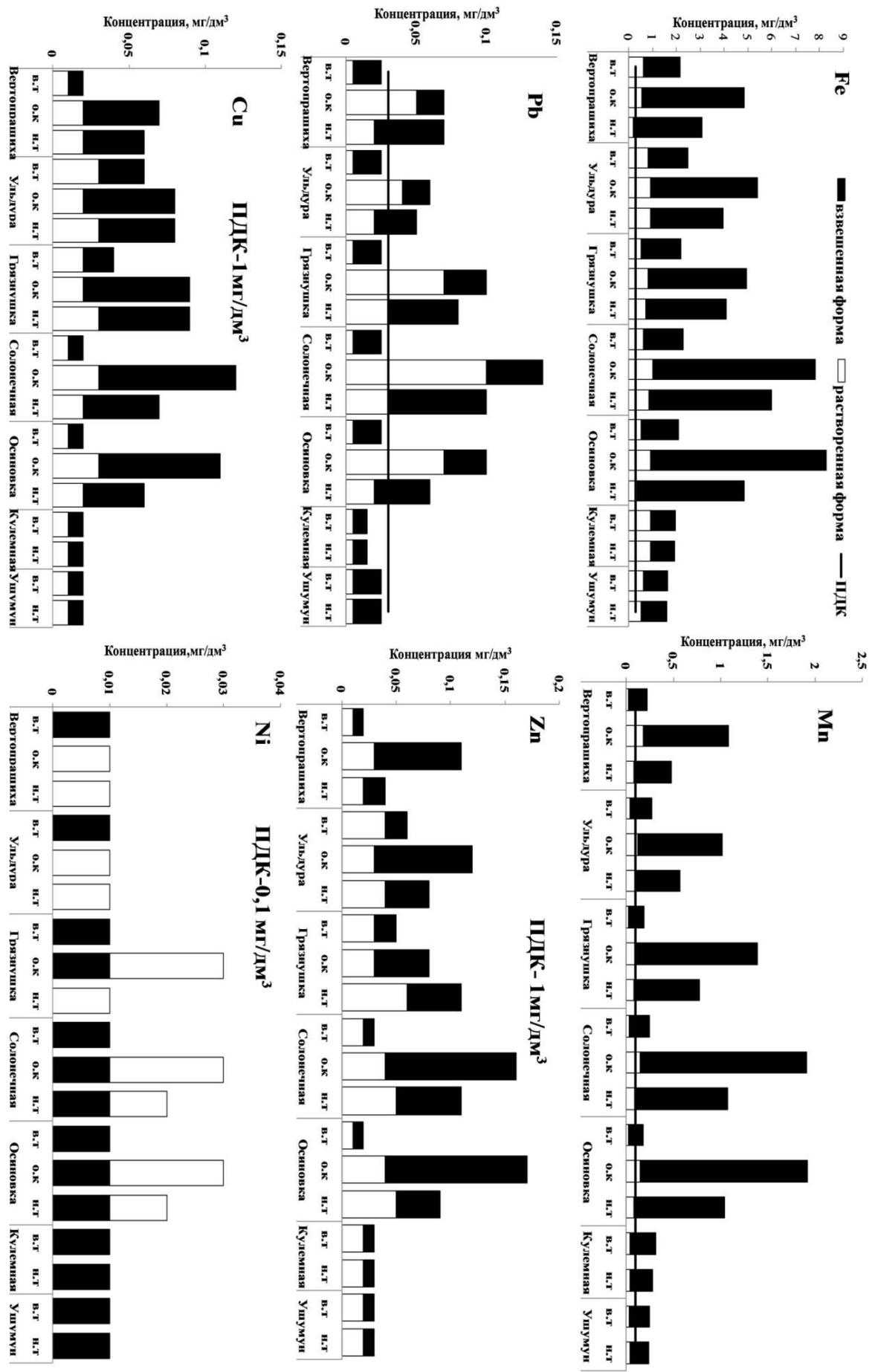
Концентрации **общего органического углерода** в фоновых точках составляют 3,5-8,43 $\text{мгC}/\text{дм}^3$; в исследуемых точках его концентрации примерно в 1,5 раз больше. Органический углерод находится, в основном, в растворенном виде от 2 до 10 $\text{мгC}/\text{дм}^3$ (92%) и незначительно – в виде взвешенных частиц (не больше 1 $\text{мгC}/\text{дм}^3$). Водорастворимые органические вещества на 60% представлены гумусовыми и фульвокислотами, причем в исследуемых точках содержание гуминовых и фульвокислот примерно в 1,5 раз больше, чем в фоновых, и концентрация фульвокислот превышает содержание гуминовых примерно в 10 раз вследствие их хорошей растворимости в поверхностных водах. Это может являться одной из причин увеличения содержания растворимых форм ТМ в малых водотоках в районах мелиорации.

Кроме того, на процессы транзита-аккумуляции ТМ может оказать влияние уменьшение **скорости течения воды** в водотоках в районах проведения мелиорационных работ примерно в 2 раза по сравнению с фоновыми точками. Наименьшие скорости течения (менее 0,1 м/с) прослеживаются в нижних течениях рек Солонечная и Осиновка. В период наводнения 2013-2014 гг. происходило поднятие уровня воды в реках, что способствовало промыву русел и увеличению скоростей течения в водотоках.

Таким образом, химический состав дренажных вод, сбрасываемых в реки с осушаемого массива с помощью коллекторно-дренажной системы, изменяет состав поверхностных вод малых рек. Происходит замена естественного химического состава вод другим, нехарактерным для данного водотока, что может привести к изменению процессов транзита-аккумуляции ТМ из донных отложений.

Во всех исследуемых водотоках фоновые концентрации (в воде верхнего течения) значительно отличаются друг от друга, причем, содержание природных поллютантов на несколько порядков выше, чем природно-антропогенных.

Fe является типоморфным элементом природных вод Среднеамурской низменности, территории ЕАО в частности. Высокие концентрации Fe в речных водах обусловлены повсеместной заболоченностью исследуемых ПРК. В поверхностных водах, отобранных выше района проведения осушения, содержание Fe варьирует от 1,5 до 2,5 $\text{мг}/\text{дм}^3$, причем его количество значительно возрастает в мелиоративных каналах до 5-7 $\text{мг}/\text{дм}^3$.



Примечание: в.т. – верхнее течение, о.к. – осушительный канал, н.т. – нижнее течение

Рисунок 5. Средние концентрации тяжелых металлов в поверхностных водах, подверженных влиянию осушения, 2009–

2018 гг.

Содержание **Mn** в верхних течениях всех водотоков находится в пределах от 0,1 до 0,9 мг/дм³. Наибольшие концентрации отмечаются для вод мелиоративных каналов (1,5-2,5 мг/дм³). В 2013-2014 гг. наблюдалось снижение концентраций марганца, величина которых определяются различными факторами, например, разбавлением поверхностных вод при катастрофическом наводнении, выпадением его в осадок.

Содержание **Pb** в водах не подверженных влиянию осушения не превышает значений ПДК. Под влиянием осушения его концентрация возрастает до 0,06-0,09 мг/дм³.

Содержание **Zn** в водотоках не подверженных влиянию осушения варьирует от 0,03 до 0,06 мг/дм³, его концентрация значительно возрастает в месте впадения мелиоративного канала в реку до 0,09-0,12 мг/дм³. Наводнение 2013 г привело к росту концентраций цинка в воде рек Осиновка и Солонечная, ниже района проведения осушительной мелиорации, до 0,16 мг/дм³, при этом основной формой его миграции была взвешенная.

Содержание **Cu** в поверхностных водах рек выше района проведения осушения находится в пределах 0,0-0,09 мг/дм³ (рис. 5). В период наводнения 2013 г. наблюдалось снижение концентраций меди в воде всех малых рек, что, возможно, связано с высокой степенью комплексообразования элемента органическим веществом и сорбцией взвесью. Самые высокие концентрации **Cu**, как в мелиоративном канале, так и ниже района осушения, отмечаются в р. Солонечной, что, очевидно, обусловлено интенсивной сорбцией меди глинистыми частицами.

Присутствие **Ni** в природной воде в значительной степени обусловлено составом пород, через которые проходит вода. Во всех малых реках, во всех точках отбора проб прослеживаются низкие концентрации **Ni**, что обусловлено сорбцией ионов, соосаждением его на гидроокиси железа.

Изменение экологического состояния поверхностных водотоков и сравнение процессов концентрирования каждого ТМ в различных фазах гидрологического режима и при разной степени затопления пойм оценено по величине индекса загрязнения воды (ИЗВ) (рис. 6).

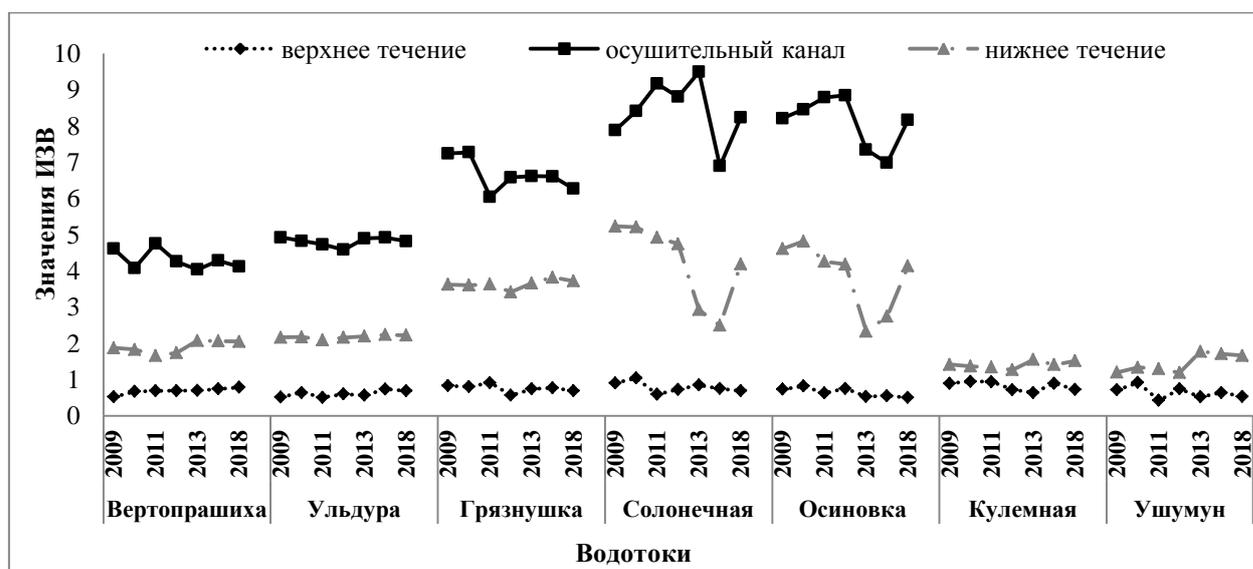


Рисунок 6. Значения индексов загрязнения воды малых рек, подверженных влиянию осушительной мелиорации

Суммарная оценка изменения концентраций ТМ по ИЗВ показала, что проведение осушительных мелиорационных работ ведет к снижению качества воды всех водотоков, при этом наихудшие состояния наблюдались в реках Солонечная и Осиновка. Во всех водотоках (верхние и нижние течения) без влияния осушения качество воды относилось к категории «чистые». При проведении осушительных работ воды в нижних течениях рек Вертопрашиха и Ульдура относились к категории качества «умеренно загрязненные», Грязнушка – «загрязненные». Класс качества рек Солонечная и Осиновка – «грязные». Снижение значений ИЗВ в период катастрофического наводнения 2013–2014 гг. в реках Осиновка и Солонечная в районе впадения осушительного канала оставила класс качества на прежнем уровне «грязные», а в нижних течениях снизила класс качества до «загрязненные».

Одними из наиболее информативных объектов среди компонентов ПРК являются донные отложения (ДО) (табл. 1).

Таблица 1

Концентрации ТМ в донных отложениях 2009–2018, мг/кг

Название водотоков	Точки отбора проб	Fe*1000	Mn*10	Zn	Pb	Cu	Ni
Донные отложения, водотоки которых подвержены осушительной мелиорации							
Вертопрашиха	в.т.	63,19	65,91	81,25	17,20	22,93	21,47
	о.с.	65,81	82,73	128,35	38,37	44,93	19,17
	н.т.	62,84	72,62	102,89	28,28	33,93	20,77
Ульдура	в.т.	61,45	67,94	77,89	15,19	20,09	19,67
	о.с.	69,89	84,98	126,70	44,96	39,88	22,07
	н.т.	65,83	77,23	98,01	25,07	29,98	21,32
Грязнушка	в.т.	64,10	65,25	81,54	18,27	17,25	22,13
	о.с.	74,75	84,49	152,26	69,50	46,86	24,81
	н.т.	66,84	73,92	123,50	37,47	32,05	23,92
Солонечная	в.т.	62,23	70,87	87,27	18,41	21,18	21,65
	о.с.	77,16	99,55	204,37	65,91	51,99	25,09
	н.т.	67,61	83,62	156,65	52,07	36,59	23,74
Осиновка	в.т.	59,68	66,94	88,03	18,59	22,55	21,58
	о.с.	76,15	94,12	188,18	68,85	57,32	23,88
	н.т.	66,09	83,68	165,60	48,28	40,05	23,18
Донные отложения, водотоки которых не подвержены осушительной мелиорации							
Кулемная	в.т.	58,47	75,36	72,23	16,22	22,96	20,85
	н.т.	60,18	74,56	89,03	20,37	19,88	19,67
Ушумун	в.т.	61,66	66,34	76,31	15,75	20,11	21,37
	н.т.	62,55	66,21	86,48	18,64	20,20	19,90

Примечание: в.т. – верхнее течение, н.т. – нижнее течение, о.с. – осушительный канал

Как видно из данных в табл. 1, наибольшие концентрации Fe, Mn, Cu, Pb и Zn обнаружены в ДО р. Грязнушка; Ni – в р. Ульдура. Возможно, это детерминируется типами почв, уклонами русел, скоростями течения и интенсивностью поверхностного и подземного стоков в различные временные

периоды и физико-химическими свойствами самих элементов. В ДО, подверженных влиянию осушительной мелиорации, наибольшие концентрации Fe и Mn обнаружены в р. Солонечная; Ni, Pb и Zn – в р. Ульдура; Cu – в р. Грязнушка. По результатам исследований выявлено, что накопление ТМ в большей степени происходит в отложениях рек Солонечная и Осиновка.

В период промывного типа водного режима 2013 г. наблюдалось снижение концентраций Pb, Zn и Cu. Установлена корреляционная зависимость ($r = 0,6$) между содержанием этих металлов в ДО и изменением величины pH среды, воды в водотоке, а также ($r = 0,7$) объемом выпавших атмосферных осадков для рек Солонечная и Осиновка, подверженных влиянию мелиорирования. Для Mn и Ni прослеживается осаждение и, следовательно, увеличение концентраций этих элементов.

Изменение экологического состояния ДО, так же как и пойменных почв, оценено по суммарному коэффициенту загрязнения с индексом, отражающим классы опасности ТМ ($Z_{ст}$) (рис. 7).

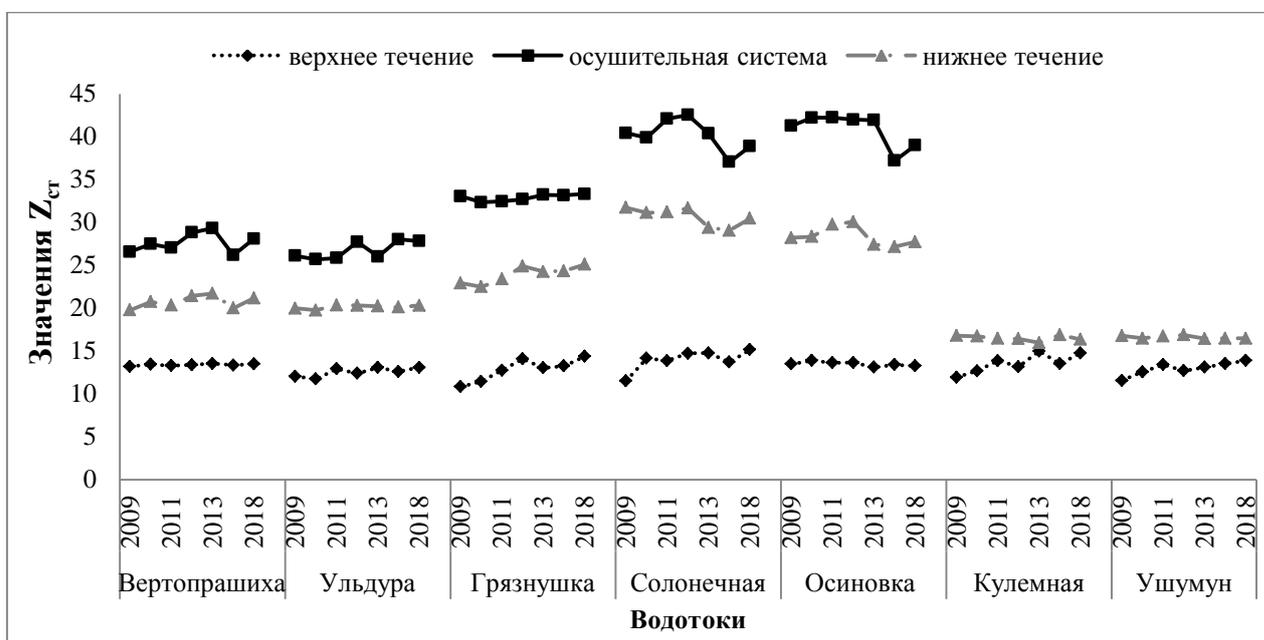


Рисунок 7. Суммарный коэффициент загрязнения донных отложений малых рек, подверженных влиянию осушительной мелиорации

Значения суммарных коэффициентов загрязнения ДО ТМ показывает, что осушительная мелиорация негативно влияет на состояние ДО и приводит к увеличению концентраций ТМ. ДО, не подверженные влиянию осушительной мелиорации (верхнее и нижнее течение), имеют наименьшие значения коэффициента. Значения $Z_{ст}$ ДО нижних и верхних течениях рек Ушумун и Кулемная позволяют отнести их ко 2-й категории «допустимое». При мелиорировании значения $Z_{ст}$ увеличиваются, нижние течения рек, подверженных влиянию осушения – к 3-й категории «умеренно опасное», а ДО в осушительных каналах – к 4-й категории «опасное». В период обильного выпадения атмосферных осадков (2013–2014 гг.) произошло интенсивное извлечение ТМ из ДО. При этом они могут превращаться в источник вторичного загрязнения поверхностных вод. В период наводнения отмечено снижение значений $Z_{ст}$ в осушительных каналах и

нижних течениях рек, при этом в осушительных каналах категория загрязнений ДО не изменяется, а в нижних течениях становится на уровень ниже.

Четвертая глава посвящена **интегральной оценке экологических изменений в ПРК малых рек**. Использовалась балльная оценка, которая является универсальным способом измерения и соотношения любых частных показателей (Лопатина, Назаревский, 1972). Для проведения интегральной экологической оценки ПРК малых рек нами учитывалось качество воды в реке (ИЗВ), качество почв ($Z_{ст}$) и ДО ($Z_{ст. дон}$). Для каждого показателя присваивается свой балл в диапазоне 1 (минимум) – 5 (максимум). Каждый из критериев был оценен по пятибалльной шкале. Путем суммирования баллов были вычислены интегральные показатели.

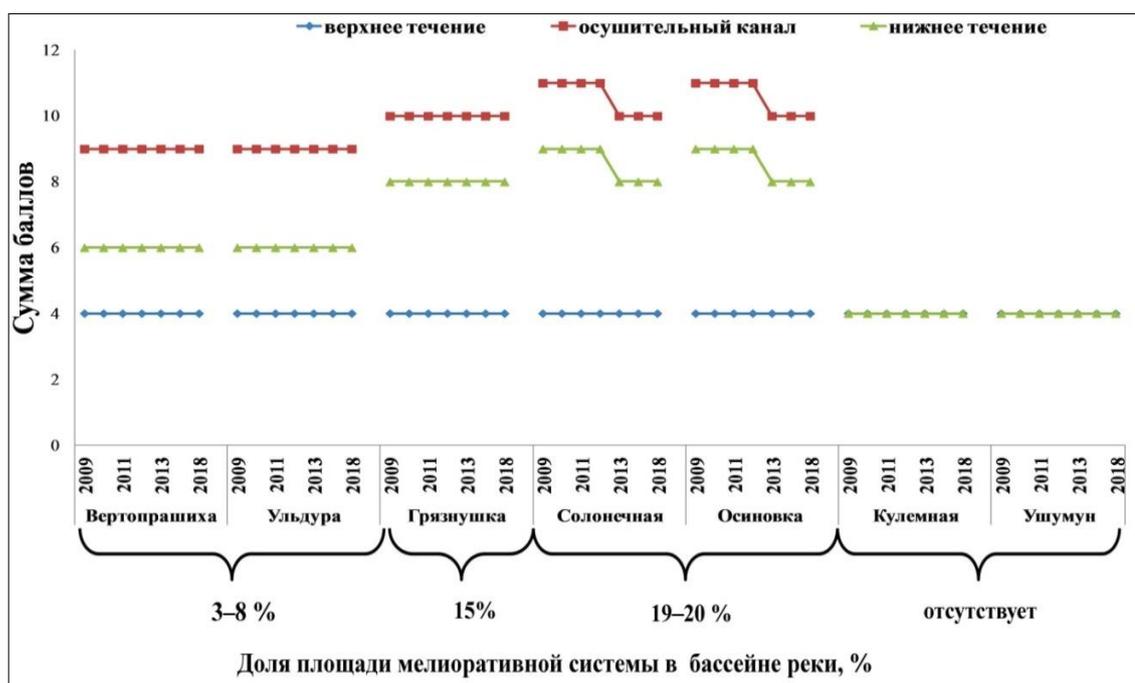


Рисунок 8. Интегральная оценка ПРК малых рек Среднеамурской низменности, находящихся под воздействием осушительной мелиорации

Как видно на рис. 8, наименьшие баллы получены ПРК малых рек, где влияние осушения полностью отсутствует. Их гидрологические и гидрохимические режимы находятся в естественном состоянии, поэтому процессы транзита-аккумуляции ТМ идут в основном за счет природных условий.

По результатам оценки содержания ТМ в системе «пойменные почвы – поверхностные воды – донные отложения» ПРК малых рек Среднеамурской низменности, преобразованных осушительной мелиорацией, разделены на три группы.

В первую группу вошли ПРК малых рек, в бассейне которых доля площади мелиорированных систем не превышает 10%. Слабое влияние осушительной мелиорации на изменение концентраций ТМ проявляется в ПРК рек Вертопрашиха и Ульдура. Здесь прослеживается незначительный смыв ТМ с пойменных почв, что выявляется снижением суммарного коэффициента загрязнения на 0,5 ед. В поверхностных водах в месте впадения магистрального канала в реку наблюдается незначительное снижение гидрохимических показателей и скорости течения воды. В нижних течениях данных рек происходит увеличение скорости течения,

возрастание содержания растворенного кислорода и снижение температуры воды. В результате по эколого-химическим характеристикам они возвращаются в естественное состояние.

Ко второй группе был отнесен ПРК малой реки, в бассейне которой доля площади мелиорированных систем не превышает 15%. Для нижнего течения р. Грязнушка характерно увеличенное (редко выше ПДК) содержание ТМ, биогенных и органических веществ; прослеживается небольшое снижение кислородного фона и скоростей течения воды в водотоке. Поверхностные воды способны к самоочищению.

В третью группу вошли ПРК малых рек, в бассейне которых доля площади мелиорированных систем превышает 15%. Наибольшее влияние осушения проявляется в ПРК рек Солонечная и Осиновка. В данных ПРК происходит интенсивный вынос ТМ из почвы, их смыв в поверхностные воды со взвешенным и органическим веществом и последующее осаждение в ДО, что приводит к ухудшению экологического состояния ПРК. Для снижения негативных последствий воздействия мелиоративных систем на состояние ПРК данной группы потребуется принятие определенных мер со стороны человека.

Значительное выпадение атмосферных осадков и последовавшее за ним затопление пойм в 2013 г. привело к увеличению смыва ТМ из почв. Однако одновременно происходивший подъем уровня рек нивелировал процессы накопления поллютантов в водоемах вследствие их большого разбавления. Катастрофическое наводнение привело к снижению суммарного загрязнения ПРК тяжелыми металлами рек Солонечная и Осиновка, подверженных влиянию осушения.

В пятой главе представлены результаты содержания ТМ в гидробионтах и макрофитах как индикаторах антропогенного влияния на экосистему малой реки.

Для выявления воздействия осушения на гидробионты нами был выбран голяян Лаговского (*Phoxinus lagowskii*) (табл. 2).

Таблица 2

Концентрации ТМ в жабрах голяяна Лаговского (*Phoxinus lagowskii*), мг/кг

Название водотоков	Тяжелые металлы					
	Fe	Zn	Mn	Ni	Cu	Pb
Водотоки, подверженные влиянию осушения						
Грязнушка	<u>25</u>	<u>7</u>	<u>12</u>	<u>0</u>	<u>0,05</u>	<u>0</u>
	48	14,5	24	1	2,5	2,8
Вертопрашиха	<u>24</u>	<u>6,72</u>	<u>11,52</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
	45	10,5	18	0,3	1,5	0,7
Солонечная	<u>21,5</u>	<u>6,02</u>	<u>10,32</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
	62,4	28,6	31,2	2,3	4,25	3,3
Водотоки, не подверженные влиянию осушения						
Ушумун	<u>24</u>	<u>6,3</u>	<u>8</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
	28	6,5	10	0	0	0
ПДК	30	40	10	20	10	1

Примечание: числитель – верхнее течение, знаменатель – нижнее течения.

Данный вид относится к экологической группе – эврифаги, и наиболее часто встречается в малых реках Среднеамурской низменности. Исследование содержания ТМ в жабрах рыб показало, что под влиянием осушительной мелиорации (нижние течения рек) происходит увеличение концентраций всех металлов, в особенности железа (1,5 ПДК) и свинца (2,5-3 ПДК). По содержанию ТМ в жабрах рыб наибольшее влияние осушения проявляется в водотоках, где мелиоративные системы занимают более 15% площади бассейна реки.

Высшие водные растения играют важную роль среди биотических составляющих водных экосистем. Для анализа на содержание ТМ были отобраны и проанализированы экземпляры высшего водного растения *рдест пронзенолистный* (*Potamogeton perfoliatus*) семейства рдестовые. По классификации В.Г. Папченкова (1985) *рдест пронзенолистный* относятся к группе погруженных укореняющихся гидрофитов. Результаты наших исследований свидетельствуют о дифференциации в интенсивности накопления ТМ растениями, отобранными в разных точках малых рек (табл. 3).

Таблица 3

Концентрации ТМ в водных растениях *Potamogeton perfoliatus*, мг/кг, 2018 г.

Название водотоков	Точки отбора проб	Fe	Mn	Zn	Pb	Cu	Ni
Водотоки, подверженные влиянию осушительной мелиорации							
Вертопрашиха	в.т.	7490	248	278	3,56	2,56	0,06
	о.с.	8770	615	429	8,63	3,93	0,09
	н.т.	7660	340	356	5,16	3,37	0,08
Ульдура	в.т.	8590	304	234	3,08	2,17	0,08
	о.с.	8660	648	468	7,51	4,49	0,1
	н.т.	8630	441	312	4	4,49	0,1
Грязншка	в.т.	7590	214	195	2,19	2,25	0,05
	о.с.	9080	964	412	6,41	5,05	0,12
	н.т.	8150	478	229	4,31	5,05	0,07
Солонечная	в.т.	7940	281	117	3,5	2,56	0,03
	о.с.	17010	1149	624	11,03	6,74	0,16
	н.т.	10730	904	429	9,43	3,93	0,09
Осиновка	в.т.	7250	203	178	2,28	2,56	0,03
	о.с.	18640	1160	663	10,49	6,18	0,14
	н.т.	16700	1070	351	8,91	3,37	0,08
Водотоки, не подверженные влиянию осушительной мелиорации							
Кулемная	в.т.	6800	349	117	2	2,42	0,03
	н.т.	6690	315	127	2,5	2,46	0,03
Ушумун	в.т.	5590	281	117	3,34	2,56	0,03
	н.т.	5490	270	186	3,44	2,53	0,03

Примечание: в.т. – верхнее течение, н.т. – нижнее течение, о.с. – осушительный канал

Проведенные исследования показали, что из изучаемых ТМ в наибольшей концентрации растения содержат Fe, в наименьшем – Ni. По содержанию в водных растениях элементы образовали следующий убывающий ряд:

Fe>Mn>Pb>Zn>Cu>Ni. Наибольшие аккумуляции всех ТМ в растениях были найдены в точках отбора проб непосредственного впадения магистрального канала в реку, особенно это заметно для рек Осиновка и Солонечная.

Наименьшее влияние осушения проявляется в нижних течениях рек Вертопрашиха, Ульдура и Грязнушка (концентраций ТМ примерно такие же, как и в верхних течениях данных рек). Наиболее сильное влияние осушения на растительность проявляется в реках Солонечная и Осиновка. В нижних течениях данных рек концентрации Fe, Pb и Ni примерно в 1,5-2 раза, а Mn и Zn – 4-5 раз больше, по отношению к верхним течениям рек. Вероятно, это связано с особенностями механизма аккумуляции ионов ТМ за счет образования комплексных соединений с метаболитами клеток листьев растений.

ВЫВОДЫ

1. На основании проведенных исследований показано, что под влиянием осушительной мелиорации в компонентах ПРК происходят следующие процессы:

- В пойменных почвах происходит снижение содержания гумуса и изменение рН от кислой к нейтральной реакции среды, что способствует уменьшению концентраций всех исследуемых ТМ в 1,1-1,5 раз, по сравнению с пойменными почвами тех частей ПРК, где осушения нет.

- Выявлено изменение гидрохимического и гидрологического режимов рек, проявляющиеся в следующем: отмечается снижение скоростей течения воды, снижение концентраций растворенного кислорода ниже нормативных значений, увеличение температуры и органических веществ в воде.

- Во всех исследуемых водотоках содержание ТМ в точках, расположенных ниже дренажного стока, всегда больше, чем в верхних течениях рек, но меньше, чем в дренажных водах. В поверхностных водах проведение осушительных мелиорационных работ ведет к снижению качества водотоков от «умеренно загрязненных» до «грязных».

- В донных отложениях происходит увеличение концентраций ТМ. Нижние течения рек, подверженные влиянию осушения по величине суммарного коэффициента загрязнения можно отнести к категории загрязнения «умеренно опасное», а в местах впадения осушительных каналов в водоток донные отложения – к 4-й категории «опасное».

2. В период обильного выпадения атмосферных осадков (2013-2014 гг.) в пойменных почвах отмечалось увеличение концентрации Pb и Zn и снижение Mn и Cu. Снижение значений индекса загрязнения воды в период катастрофического наводнения в реках Осиновка и Солонечная в районе впадения осушительного канала, оставила класс качества на прежнем уровне «грязные», а в нижних течениях снизила класс качества до «загрязненные». В период наводнения отмечено снижение значений $Z_{ст}$ в осушительных каналах и нижних течениях рек, при этом в осушительных каналах категория загрязнений донных отложений не изменяется, а в нижних течениях становится на уровень ниже.

3. Проведенная интегральная экологическая оценка влияния осушительной мелиорации на состояние ПРК в системе: «пойменные почвы – поверхностные воды – донные отложения» показала, что наибольшее влияние осушения проявляется в ПРК, в которых доля площади мелиорированных систем

занята более чем на 15%. В данных ПРК происходит интенсивный вынос ТМ из почвы, их смыв в поверхностные воды со взвешенным и органическим веществом и последующее осаждение в донных отложениях, что приводит к ухудшению экологического состояния ПРК. Для снижения негативных последствий воздействия мелиоративных систем на состояние ПРК данной группы потребуется принятие определенных мер со стороны человека.

4. Под влиянием дренажных вод с осушительных систем происходит накопление концентраций ТМ в макрофитах и гидробионтах. Наиболее сильное влияние осушения на водную растительность и гидробионты проявляется в реках Солонечная и Осиновка. В нижних течениях данных рек (по отношению к верхним течениям рек) в водной растительности происходит увеличение концентрации Fe, Pb и Ni примерно в 1,5–2 раза, а Mn и Zn – 4–5 раз. Под влиянием осушительной мелиорации происходит увеличение концентраций всех металлов в жабрах голяна Лаговского, в особенности Fe (1,5 ПДК) и Pb (2,5–3 ПДК).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах, включенных в Перечень ВАК РФ:

1. **Зубарев, В. А.** Влияние осушительной мелиорации на процессы миграции ТМ в системе почва–вода–донные отложения / В. А. Зубарев, Р. М. Коган // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – № 3. – С. 29–32.
2. Аношкин, А. В. Трансформация пойменно-русловых комплексов рек Среднеамурской низменности в условиях мелиорации / А. В. Аношкин, **В. А. Зубарев** // География и природные ресурсы. – 2012. – № 2. – С. 82–86.
3. **Зубарев, В. А.** Изменение экологического состояния малых рек Среднеамурской низменности в условиях осушительной мелиорации / В. А. Зубарев, Р. М. Коган // Вода: химия и экология. – 2013. – № 11 (65). – С. 3–9.
4. **Зубарев, В. А.** Анализ ТМ донных отложений малых рек, подверженных влиянию сельскохозяйственной мелиорации, на территории Среднеамурской низменности / В. А. Зубарев // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324, № 1. – С. 203–208.
5. **Зубарев, В. А.** Влияние осушительной мелиорации на содержание ТМ в пойменных почвах Среднеамурской низменности / В. А. Зубарев // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 4. – С. 6–16. (*журнал цитируется в системе Web of Science Core Collection*).
6. **Зубарев, В. А.** Влияние крупномасштабного наводнения 2013 г. на химический состав воды малых рек Среднего Приамурья в районах осушительной мелиорации / В. А. Зубарев, Р. М. Коган // Вода: химия и экология. – 2015. – № 3 (81). – С. 3–10.
7. Горюхин, М. В. Антропогенное преобразование пойменно-русловых комплексов рек Среднего Приамурья / М. В. Горюхин, **В. А. Зубарев**, А. В. Аношкин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. № 2–2. – С. 337–340.
8. **Зубарев, В. А.** Экологическое состояние водотоков Среднеамурской низменности в районах осушительной мелиорации / В. А. Зубарев, Р. М. Коган // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2016. – № 5. – С. 387–400. (*журнал цитируется в системе Scopus*).
9. **Zubarev, V. A.** Ecological Conditions of Watercourses in the Middle Amur Lowland in the Areas of Drainage Reclamation / V. A. Zubarev, R. M. Kogan // Water

Resources. – 2017. – Vol. 44, N. 7. – P. 940–951. (*журнал цитируется в системе Web of Science Core Collection*).

10. **Зубарев, В. А.** Гидрохимия реки Бастак государственного природного заповедника «Бастак» / В. А. Зубарев, Т. В. Бабешко // *Вода: химия и экология*. – 2018. – № 1–3. – С. 12–17.

11. **Зубарев, В. А.** Изменение концентраций ТМ почв юга Среднеамурской низменности при длительном сельскохозяйственном использовании / В. А. Зубарев, С. Н. Мищук // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2019. – Т. 330, № 8. – С. 18–26. (*журнал цитируется в системе Web of Science Core Collection*).

Статьи в других научных изданиях:

12. **Зубарев, В. А.** Система антропогенной нагрузки на территорию / В. А. Зубарев // *Территориальные исследования: цели, результаты и перспективы* : материалы V регион. шк.-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов, 20–23 октября 2009 г. Биробиджан : ИКАРП ДВО РАН : ГОУВПО «ДВГСГА», 2009. С. 58–61.

13. **Зубарев, В. А.** Влияние мелиорационных работ на качество поверхностных водотоков Еврейской автономной области / В. А. Зубарев // *Актуальные проблемы экологии, морской биологии и биотехнологии* : материалы IX регион. конф. студентов, аспирантов вузов и науч. орг. Дальнего Востока России, Владивосток, 14–17 апреля 2010 г. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2010. С. 74–77.

14. **Зубарев, В. А.** Особенности выбора критериев и показателей оценки антропогенной нагрузки (на примере Еврейской автономной области) / В. А. Зубарев // *Региональные проблемы*. – 2010. – Т. 13, № 1. – С. 71–75.

15. **Зубарев, В. А.** Влияние мелиорационных работ на качество поверхностных водотоков (на примере Еврейской автономной области) / В. А. Зубарев // *Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики* : материалы VII междунар. науч.-практ. конф., Тольятти, 15–18 апреля 2010 г. Тольятти : Волжский ун-т им. В.Н. Татищева, 2010. С. 230–234.

16. **Зубарев, В. А.** Влияние стоков дренажных вод на качество поверхностных водотоков Еврейской автономной области / В. А. Зубарев // *Дальневосточная весна 2010* : материалы 10-й междунар. науч.-практ. конф. в области экологии и безопасности жизнедеятельности, Комсомольск-на-Амуре, 20–21 мая 2010г. Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2010. С. 229–234.

17. **Зубарев, В. А.** Особенности проведения комплексной региональной эколого-хозяйственной оценки на примере Еврейской автономной области / В. А. Зубарев // *Стратегия устойчивого развития регионов России*. – 2010. – № 1. – С. 141–143.

18. **Зубарев, В. А.** Исследование содержания ТМ пойменных почв районов проведения сельскохозяйственной осушительной мелиорации (на примере Еврейской автономной области) / В. А. Зубарев // *Региональные проблемы*. – 2012. – Т. 15, № 1. – С. 63–68.

19. **Зубарев, В. А.** Экологические последствия осушительной мелиорации для поверхностных водотоков (на примере территории Еврейской автономной области) / В. А. Зубарев // *Реки Сибири и Дальнего Востока* : материалы VII междунар. конф., Хабаровск, 30–31 мая 2012 г. М. : Изд-во WWF России, 2012. С. 156–158.

20. **Зубарев, В. А.** Сельскохозяйственная мелиорация на территории Дальнего Востока России / В. А. Зубарев // *Региональные проблемы*. – 2013. – Т. 16, №1. – С. 66–71.

21. **Зубарев, В. А.** Изменение химического состава природных вод под влиянием сельскохозяйственной мелиорации / В. А. Зубарев // Международный научно-образовательный форум Хейлунцзян-Приамурье : I Междунар. науч. конф., 30 октября 2013г. Биробиджан : ФГБОУ ВПО «ПГУ им. Шолом-Алейхема», 2013. Ч.1. С. 165–167.
22. **Зубарев, В. А.** Территориальное изменение содержания биогенных элементов в почвах Среднеамурской низменности (1976-1991 гг.) / В. А. Зубарев // Региональные проблемы. – 2014. – Т. 17, № 1. – С. 54–57.
23. **Зубарев, В. А.** Гидрохимические индексы оценки качества поверхностных вод / В. А. Зубарев // Региональные проблемы. – 2014. – Т. 17, № 2. – С. 71–77.
24. **Зубарев, В. А.** Химический состав воды малых рек Среднего Приамурья в районах осушительной мелиорации в период катастрофического наводнения 2013 г. / В. А. Зубарев // Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата : тез. Всерос. науч. конф. Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2014. С. 78–82.
25. **Зубарев, В. А.** Экологическое состояние поверхностных водотоков Среднеамурской низменности в районах осушительной мелиорации. / В. А. Зубарев, Р. М. Коган // Водные и экологические проблемы центральной Азии : труды II Всерос. конф. с междунар. участием, Барнаул, 25–29 августа 2014 г. Барнаул : ИВЭП СО РАН, 2014. Т. II. С. 96–102.
26. **Зубарев, В. А.** Оценка состояния малых рек Еврейской автономной области в районах осушительной мелиорации в периоды с различным уровнем затопления пойм / В. А. Зубарев // Региональные проблемы. – 2015. – Т. 18, № 4. – С. 70–75.
27. **Зубарев, В. А.** Анализ ТМ в осушенных пойменных почвах Среднеамурской низменности / В. А. Зубарев // Регионы нового освоения: современное состояние природных комплексов и вопросы их охраны : материалы Всерос. конф. с междунар. участием, 11–14 октября 2015 г. Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2015. С. 157–159.
28. **Зубарев, В. А.** Болота на территории Еврейской автономной области и факторы их формирования / В. А. Зубарев // Региональные проблемы. – 2016. – Т. 19, № 1. – С. 30–35.
29. **Зубарев, В. А.** Агрохимическая оценка пахотных земель Еврейской автономной области за период 1963–1992 гг. / В. А. Зубарев // Региональные проблемы. – 2017. – Т. 20, № 4. – С. 68–73.
30. Anoshkin, A. V. Land reclamation and transformation of floodplain-channel complexes at the Middle Amur Lowland / A. V. Anoshkin, **V. A. Zubarev** // Региональные проблемы. – 2018. – Т. 21, № 3–1. – С. 70–74.
31. **Зубарев, В. А.** Гидрохимическая характеристика рек Еврейской автономной области и содержание ТМ в жабрах голяна (*Phoxinus Lagowskii*) / В. А. Зубарев, В. Н. Бурик // Региональные проблемы. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 31–37.
32. **Зубарев, В. А.** Интегральная оценка пойменно-руслых комплексов малых рек Среднеамурской низменности, преобразованных осушительной мелиорацией / В. А. Зубарев // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории : материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. 18–19 апреля 2019 г. Владивосток : ФГБУН ТИГ ДВО РАН, 2019. С. 207–2014.