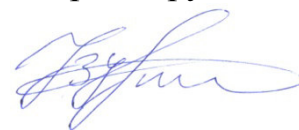


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт комплексного анализа региональных проблем
Дальневосточного отделения Российской академии наук»

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)

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата биологических наук

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

Биробиджан – 2020

Оглавление

Введение.....	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ПОЙМЕННО–РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ МАЛЫХ РЕК, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ	10
1.1 Теоретико-методологические вопросы изучения влияния осушительной мелиорации на природные объекты	10
1.2 Основные понятия, характеризующие пойменно-русловые комплексы	17
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	24
2.1. Природно-климатические условия района исследований	24
2.2. Выбор объекта исследования.....	31
2.3. Отбор проб и методы исследований	38
ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ТРАНЗИТА-АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЙМЕННОЙ ПОЧВЕ, ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ	46
3.1. Влияние осушительной мелиорации на состояния пойменных почв.....	46
3.1.1. Влияние осушения на изменение содержания гумуса в пойменных почвах	47
3.1.2 Влияние осушения на изменение кислотности пойменных почв.....	49
3.1.3 Исследование процессов транзита-аккумуляции тяжелых металлов в пойменных почвах.....	50
3.1.4 Суммарная оценка влияния осушительной мелиорации на качество пойменных почв по содержанию тяжелых металлов.....	59
3.2 Влияние осушительной мелиорации на изменение качества поверхностных вод.....	61
3.2.1 Результаты гидрохимических исследований малых рек	61
3.2.2. Органическое вещество воды малых рек	66

3.2.3. Содержание взвешенных веществ в поверхностных водах.....	68
3.2.4. Изменение скорости течения воды малых рек.....	69
3.2.5 Изменение концентраций тяжелых металлов в воде малых рек.....	71
3.2.6 Суммарная оценка влияния осушительной мелиорации на качество поверхностных вод по содержанию тяжелых металлов	81
3.3 Влияние осушительной мелиорации на изменение концентраций тяжелых металлов в донных отложениях.....	83
ГЛАВА 4. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСУШЕНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ ПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЫ – ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ – ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ.....	88
ГЛАВА 5. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГИДРОБИОНТАХ И ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ, КАК ИНДИКАТОРАХ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ МАЛОЙ РЕКИ.....	93
5.1 Влияние осушительной мелиорации на изменение концентрация тяжелых металлов в гидробионтах.....	93
5.2. Влияние осушительной мелиорации на изменение концентрация тяжелых металлов в высшей водной растительности.....	102
РЕКОМЕНДАЦИИ	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	107

Введение

Состояние пойменно-русловых комплексов (ПРК), расположенных в российской части бассейна р. Амур на Дальнем Востоке, определяется рядом природных факторов. К таким факторам можно отнести пульсацию водного режима в условиях муссонного климата, низкую способность водных экосистем к самовосстановлению, особенности формирования химического состава воды в пределах различных ландшафтов, на которые накладывается влияние разнообразных видов деятельности человека (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.

Для территории Среднеамурской низменности характерны сложные региональные природно-климатические условия, которые проявляются в неблагоприятных почвенных характеристиках и суровом климате с ярко выраженным избыточным увлажнением. Они предопределили проведение широкомасштабных осушительных мелиораций переувлажненных земель. На начальном этапе (1930–1940 гг.) строительство мелиоративных систем проводилось почти без учета требований охраны природной среды, что оказало весьма ощутимое воздействие на окружающую среду.

Различные аспекты процессов осушения и мелиорации исследовались специалистами фрагментарно и весьма неполно. Значительное количество работ посвящено изучению закономерностей трансформации мелиорированных почв (Костяков, 1951; Степанов, 1969; Плюснин, 1971; Алексейко, 2003; Росликова, 2006; Зайдельман 2014; и др.) и гидрологических режимов поверхностных водотоков (Булавко, 1971; Вомперский, 1988; Закревский, 1991; Ивашкевич, 2002 и

др.). Немало внимания уделяется оценке качества поверхностного стока (Окулик, 1983; Стрельбицкая, 2003 и др.) и грунтовых вод (Фадеева, 1974; Станкевич, 1978; Маслов, 2001 и др.). В тоже время, практически отсутствуют работы комплексного характера, в которых в совокупности учитывались бы последствия воздействия мелиорации на несколько компонентов ПРК.

Существующая в бассейне р. Амур 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 (Бокрис, 1982; Израэль, 1984; Мур и Рамамурти, 1987; Христофорова, 1994; Перевозников и др., 1999). Опасность ТМ в водной экосистеме усиливается тем, что они, в отличие от органических веществ, не подвержены разложению, способны к процессам комплексообразования, гидролиза, окисления-восстановления, могут мигрировать и накапливаться в различных компонентах речных экосистем. Поэтому 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 экологическая оценка влияния осушительной мелиорации на состояние пойменно-русловых комплексов малых рек Среднеамурской низменности.

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

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

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

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

Научная новизна работы. Впервые для Среднеамурской низменности проведена оценка влияния осушительной мелиорации на изменение концентраций тяжелых металлов в компонентах ПРК малых рек – пойменных почвах, поверхностных водах, донных отложениях, гидробионтах, макрофитах. Выявлены особенности распределения растворенных и взвешенных форм тяжелых металлов в малых реках, подверженных влиянию осушительной мелиорации. Установлено

влияние гидрологического режима реки на содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях. Проведена оценка процессов транзита-аккумуляции тяжелых металлов в триаде «пойменные почвы – поверхностные воды – донные отложения».

Теоретическая и практическая значимость работы. Метод комплексной экологической оценки ПРК с учетом особенностей процессов транзита-аккумуляции тяжелых металлов в триаде «пойменные почвы – поверхностные воды – донные отложения». Результаты работы способствуют более глубокому пониманию процессов миграции, концентрации и перераспределения различных форм тяжелых металлов в пойменно-русловых комплексах 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 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. Пойменно-русловые комплексы 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) тяжелых металлов, приводящая к ухудшению экологического состояния ПРК, дальнейшее восстановление которых требует антропогенного вмешательства.

При выполнении диссертационной работы поставленные задачи решались с помощью традиционных **методов**, используемых в экологии, географии, гидрологии, гидрохимии: гидрохимический, сравнительно-географический, картографический, агрохимический, полевые наблюдения, а также элементы методов математической статистики.

Материалы полевых наблюдений были получены автором в ходе экспедиционных работ, проводимых на различных реках Еврейской автономной области (ЕАО) при личном участии с 2009 по 2018 гг. Все собранные данные обработаны, проанализированы и обобщены автором. Кроме данных, собранных в период экспедиционных работ, использовались материалы, представленные в научных и картографических изданиях, статистические данные.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследования докладывались и обсуждались на конференциях и научных форумах различных уровней.

Международные: «Реки Сибири и Дальнего Востока» (Хабаровск, 2012), «Современные проблемы регионального развития» (Биробиджан, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018), «Регионы нового освоения: экологическая политика в стратегии развития» (Хабаровск, 2013, 2015), «Международный научно-образовательный форум Хейлунцзян-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).

Благодарности. 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.

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.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ПОЙМЕННО–РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ МАЛЫХ РЕК, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ

1.1 Теоретико-методологические вопросы изучения влияния осушительной мелиорации на природные объекты

На современном этапе социального и экономического развития России одной из существенных практических задач современной экологии является контроль состояния водных объектов, в частности поверхностных водотоков, выступающих в качестве наиболее динамичного агента, связывающего природные объекты основных географических оболочек Земли, таких как атмосферы, литосферы, биосферы (Кондратьев, Донченко, 1999; Израэль, 2001; Абакумов, Калабеков, 2002; Данилов-Данильян, Лосев, 2006 и др.). Большинство речных систем мира являются одновременно источниками водоснабжения и приемниками промышленных, коммунальных, сельскохозяйственных сточных вод. Наибольшее влияние на качественные и количественные изменения водных ресурсов оказывают следующие виды хозяйственной деятельности:

- водопотребление для промышленных и хозяйственно-бытовых целей,
- сброс отработанных вод (без очистки или с недостаточной степенью очистки),
- зарегулирование стока рек и создание водохранилищ,
- сельскохозяйственная мелиорация (орошение, обводнение, осушение) и т. д.

Сельскохозяйственная осушительная мелиорация является одним из видов антропогенной деятельности, которая оказывает значительное воздействие на состояние водных ресурсов (Ивашкевич, 2001; Стрельбицкая, 2003 и др.).

Под мелиорацией сельскохозяйственных земель понимают комплекс организационно-хозяйственных, инженерно-технических и социально-экономических мероприятий, направленных на коренное улучшение неблагоприятных природных условий и повышение плодородия почв с целью получения высоких, устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур (Голованов, 2011).

Мелиорация дает возможность изменять комплекс природных условий (почвенных, гидрогеологических, гидрологических и др.) на земельных угодьях в необходимом для человека направлении, формировать высокопродуктивные агробиоценозы, повышать плодородие почв, обеспечивать устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, выращивать новые культуры, создавать благоприятные условия для существования полезной флоры и фауны.

Мелиорацию можно определить как систему перестройки самоуправляемой экологической системы (природный ландшафт) и превращения ее в управляемую, строго контролируемую (преобразованную мелиоративными средствами), многокомпонентную агроэкосистему современного ландшафта, производящую оптимальную продукцию по эколого-экономическим критериям (Квашнин, 2003).

Вопрос о влиянии осушительной мелиорации на трансформацию пойменно-русловых комплексов рек, его оценка и учет при хозяйственном использовании заболоченных земель интересовал ученых и практиков в различных регионах страны и мира с давнего времени. Российские и зарубежные исследователи выяснили, что мелиорация приводит к изменению водного режима рек вследствие того, что из-за

сброса воды с осушенного массива и прилегающей территории гидрологический режим рек-водоприемников меняется, поэтому особенно чутко на мелиорацию заболоченных земель реагируют малые водотоки (Калинин, 1998).

Изученность различных районов осушения в мире неодинакова. Более полная информация имеется по территории Скандинавии, югу Дальнего Востока, Европейской части России, а также Белоруссии и Украине. Однако для большинства районов необходимые статистические данные и сведения либо полностью отсутствуют, либо собраны в недостаточном количестве.

Основателем мелиоративной науки принято считать А.Н. Костякова (Костяков, 1931), который полагал, что проведение мелиоративных работ в каждом районе должно быть неразрывно связано с общим планом развития сельского хозяйства, а потребность в мелиорациях определяется природными условиями и хозяйственными задачами.

В настоящее время в литературе накоплено большое количество публикаций российских и зарубежных авторов, посвященных изучению различных последствий осушения и его воздействия на почвенный покров (Ковда, 1966; Бальчунас, 1975; Петербургский и др., 1976; Смилга и др., 1981; Емельянов, Дорофеев, 1984; Лавров, Ян, 1985; Пыленок, 1985; Брезгунов, 1988; Дьяков, 1988; Аношко, 1987; Русанова, Безносиков, 1989; Зайдельман, 1991; Штиканс, 1993; Болатбекова, Рабинович, 1995; Большаков и др., 1995; Ивашов, 1995; Климин, Матрошилов, Шамов, 1995; Овчинникова, 1996; Абашев, 2000; Тюлькин, 2003; Голованов, 2011 и др.).

В результате проведения осушительных работ в почвах изменяются факторы почвообразования:

- усиливается дренаж почв;

- возрастает вынос химических элементов и веществ из верхней толщи почв;
- происходит подкисление среды, усиливается подвижность тонкодисперсной фракции;
- возрастает подвижность органического вещества почвы;
- возрастает проявление зональных почвообразовательных процессов и др.

Основными причинами изменения физических свойств почвы при осушении являются, во-первых, резкая смена водного режима, связанная со сбросом избытка влаги и, во-вторых, изменение физических свойств в соответствии с изменившимися факторами почвообразования.

Было проведено много работ, посвященных изучению различных последствий осушения на качество поверхностных вод, вынос химических веществ с осушаемых агроландшафтов и изменение качественного состава природных вод с позиций загрязнения (Ломако, 1973; Усович, Жолудева, 1973; Gachon, 1974; Алексеевский, 1981; Лиштван, 1982; Скоропанов и др., 1982; Окулик, 1983; Минаев, 1983; Кузьмич и др., 1884; Усович, 1985; Пыленок, 1985; Аношко, 1987; Брезгунов, 1988; Маркин, 1990; Панов, 1998; Sharpley, 1999; Стерльбицкая, 2003; Маслов, 2004; Трифонов, 2010 и др.). По данным различных исследователей можно сделать вывод о том, что после осушения в поверхностных водах снижается кислотность, повышается концентрация отдельных химических элементов, биогенов, взвесей, причем содержание отдельных компонентов может превышать ПДК.

Дискуссия о влиянии осушительных мелиораций на сток имеет более чем столетнюю историю. Выводы первых исследователей в значительной степени основывались на общих представлениях о формировании речного стока. В дальнейшем анализом влияния осушения на речной сток занимались Булавко, 1971; Фадеева, 1974;

Станкевич, 1978; Корчоха и др., 1979; Мурашко, 1980; Перехрест, 1980; Паламарчук, 1980; Козлов, 1981; Шебеко, 1983; Шведовский, 1984; Водогрецкий, 1990; Булдей, 1991; Маслов, 2001; Ивашкевич, 2001; Шикломанов, 2009 и др. По вопросу влияния мелиорации на речной сток существует две различные точки зрения. С.М. Перехрест, Г.П. Кубышкин и др. считают, что в результате осушительных мелиораций речной сток уменьшается. Вторая точка зрения, которой придерживается большинство исследователей, состоит в том, что мелиорация в целом влияет на водный режим и речной сток положительно. (Богомолв, 1971; Мурашко, 1971 и др.). Характер и размеры этого влияния определяются геоморфологическими и гидрогеологическими условиями, геологическим строением, метеорологическими факторами, конструкцией осушительной сети, продолжительностью эксплуатации и др.

В результате осушения увеличиваются амплитуды колебаний уровня грунтовых вод при общем снижении их зеркала, но через 3–4 года после начала эксплуатации системы величины годовых и сезонных амплитуд приближаются к значениям, характерным для периода, предшествующего осушению. При осушении происходит изменение соотношений приходных и расходных статей баланса грунтовых вод: возрастают инфильтрационное питание, величины бокового притока и переток напорных вод из нижележащих горизонтов. В расходных статьях баланса основное значение приобретает боковой отток в дренажную сеть. Величина испарения с уровня грунтовых вод уменьшается, а интенсивность водообмена возрастает. Еще один аспект данной проблемы связан с влиянием осушения на режим грунтовых вод прилегающих территорий. При этом размер зоны влияния определяется глубиной дренажа, расстоянием между дренами регулирующей и проводящей сети, типом водного питания, литологическим составом

пород, мощностью водоносного слоя, сезонными погодными условиями, свойствами геоконструкций на прилегающей территории. Нарушение природной обстановки происходит не только в контурах мелиоративных систем, но и на прилегающих к ним землях. Радиус влияния системы находится в прямой зависимости от природных условий и конструктивных особенностей сооружений и изменяется от 0,1 до 3,5 км и более.

В настоящее время существует много подходов к оценке влияния осушительных мелиораций на загрязнение природных вод, а также расчетных методов по определению выноса химических веществ с мелиорируемых объектов, которые достаточно хорошо разработаны и изложены в ряде работ (Вельдре, 1963; Рябцева, 1981; Королева и др., 1983; Окулик, 1983; Попадьян и др., 1983; Рябцева, Иванушкина, 1985; Даишев, 1996; Жмур, 1997; Стрельбицкая, 2003 и др.). Разработка расчетных методов вызвана необходимостью учета и регулирования поступления загрязняющих веществ в водные объекты, являющиеся водоприемниками осушительных систем. Однако применение расчетных методов предполагает наличие большого количества эмпирических коэффициентов, полученных для конкретных условий. Расчеты при этом не всегда соответствуют реальным условиям, так как не могут учесть все возможные физико-химические процессы при смешивании различных вод и взаимодействии комплекса факторов. Кроме того, загрязняющее вещество в водных объектах рассматривается как консервативное, и процессы его превращения обычно не учитываются, как не учитывается и функционирование гидробионтов, которые принимают активное участие в формировании качества вод и определяют состояние экосистем водных объектов.

Под влиянием осушения происходят изменения растительности, характер которых зависит от степени и длительности осушения, а также

от биоэкологического состава фитоценозов (Парфенов, Ким, 1981; Михович, 1979; Алымов, 1983; Залесов, 2002; Корепанов, 2006 и др.). Под воздействием осушения покрытых лесом болот изменяется структура лесных фитоценозов, их флористический и типологический состав. Влияние сказывается также и на лесной растительности, развивающейся на минеральных, с высоким стоянием почвенно-грунтовых вод, землях, прилегающих к осушаемым объектам. Влияние осушения определяется типом водного питания почв, степенью их увлажненности, возрастом леса, породным составом.

Ландшафтно-экологическая оценка изменений территорий в результате мелиоративного строительства разработана в работах Vink, 1983; Николаев, 1988; Varret, 1992; Инишева, 1992; Гродзинский, Шищенко, 1993; Ивлев, 1995; Исаева, 1996; Михно, 1995; Осипов, Тимофеев, 2006 и др. По ландшафтным исследованиям проведение осушительных работ приводит к уничтожению гидроморфных геокмплексов, лесной и кустарниковой растительности, нивелировки местных локальных различий путем проведения культуртехнических работ, известкования, внесения органических и минеральных удобрений. Результатом является формирование антропогенного агроландшафта, негативные свойства которого во многом обусловлены проведением осушительных работ.

Одним из методов оценки мелиорируемой территории является эколого-мелиоративное районирование (ЭМР), построенное на системном подходе к пространственной дифференциации территории и разрабатываемое на предпроектной стадии разработки мелиоративных мероприятий. Основные положения мелиоративного районирования, принципы выделения и группировки территорий изложены в работах (Ткачук, Молодых, 1972; Ходжибаев, 1975; Сомова, 1978; Панов и др., 1980; Угланов, 1991; Манукьян, Харламов, 1997; Лопатовская,

Михайличенко, 2002; Зайдельман, 2008; Новикова, Конюшкова, 2008; Булгаков и др., 2014; Сугаченко, Лопатовская, 2018 и т.д.). В основе разных взглядов исследователей на типизацию мелиорируемых территорий лежат системные знания по комплексу природных условий (геологии, геоморфологии, гидрогеологии, гидрологии, климату), составу и структуре почвенного покрова и мелиоративным особенностям почв.

Таким образом, анализ современного состояния исследований свидетельствует о том, что осушительная мелиорация оказывает определенное влияние на изменение всех природных комплексов: почвенного покрова, гидрологических и гидрогеологических условий, что является закономерным природным процессом. Оценка этих изменений у разных исследователей различна, а часто и противоречива, что осложняется еще и тем, что изменения, вызванные мелиорацией, накладываются на подвижную систему, находящуюся под влиянием многочисленных факторов. Одной из таких систем являются пойменно-русловые комплексы, в которых в основном и проводится осушительная мелиорация.

1.2 Основные понятия, характеризующие пойменно-русловые комплексы

Поймы рек, а также их русла, являются важными природными объектами для организации хозяйственной деятельности, а в связи с этим и для изучения природных и антропогенных процессов (строительство мостов, дамб, гидросооружений, использование пойм под пашни, пастбища, сенокосы, русла как водные туристические маршруты, берега – места отдыха) и т.д. (Makhinov, 2005).

Пойма, являясь продуктом деятельности русла, оказывает существенное влияние на речные процессы. Русло и пойма находятся в постоянном взаимодействии и взаимовлиянии: пойма в целом и природно-территориальные комплексы на ней формируются непосредственно под воздействием русловых процессов и затопления поймы во время половодий и паводков, но и рельеф и строение поймы влияют на русловые процессы. Русло и пойму можно рассматривать как единое природное образование и выделить в самостоятельную подсистему, которую, по-другому можно назвать пойменно-русловым комплексом (ПРК) (Чернов, 2009). Пойменно-русловой комплекс – саморазвивающаяся, активно функционирующая, очень динамичная система (Чернов, 2009). ПРК обладают всеми признаками природных комплексов – они территориально и генетически едины, процессы, протекающие в них, взаимосвязаны, географические объекты или комплексы низшего ранга (подсистемы), возникающие в результате этих процессов, влияют друг на друга (Пашканг, 2000). ПРК, в свою очередь, включают в себя, как составные части, отдельные (локальные) природно-территориальные комплексы с характерными особенностями. При этом необходимо учитывать и связи с охватывающей системой более высокого ранга – речной долиной, для которой ПРК являются подсистемой (Чернов, 2009).

Главными составляющими ПРК являются речное русло и пойма, которые с позиций функционирования подсистемы можно назвать активной и пассивной частями ПРК. Русло динамично, движущийся в нем водный поток переносит наносы, формирует русловой рельеф, размывает берега и намывает новые участки поймы. Пойма сама возникает в процессе русловых деформаций, ее облик формируется в основном под влиянием механизмов руслоформирования. Поэтому пойма играет в составе ПРК пассивную роль и влияет на русло

опосредованно, либо выполняя функцию его границ (берегов), либо через поток, протекающий по ней во время половодий и паводков.

Кроме ПРК в систему речной долины входят речные террасы – бывшие поймы, и склоны (борта) долины. На низких террасах встречаются те же формы рельефа, что и на поймах. На них часто сохраняются отличные от водоразделов и присущие поймам особенности растительного покрова, возможно и наличие погребенных пойменных почв. Воздействие здесь современной реки будет только косвенным (через мезоклимат, который способствует увлажнению).

Будучи природными комплексами, ПРК включают в себя не только рельеф и отложения, которыми они сложены, а также климатические и гидрологические особенности, почвы, растительность, животный мир.

Климатические условия определяют гидрологический режим реки и своеобразие почвенно-растительного покрова поймы. Вопрос о роли климата в формировании гидрологического режима реки достаточно хорошо освещён в литературе, и многие авторы подтверждают тезис А.И. Воейкова, что реки являются продуктом климата (Шикломанов, Георгиевский, 2009).

Гидрологический режим рек существенно сглаживает зональные различия условиями конкретной природной зоны. Действие зональных климатических факторов накладывает отпечаток на характер развития ПРК, особенно на их почвенно-растительный покров. Но проследить влияние зональных различий можно лишь на достаточно крупной реке, пересекающей несколько природных зон. С периодическим затоплением поймы происходит формирование пойменных почв, для которых свойственны особые условия развития, связанные с ежегодным отложением на пойме аллювиального наноса.

Растительность играет большую роль в динамике ПРК. В сукцессионном ряду растительных сообществ пойм отмечается большая рельефообразующая роль порослевых ив, образующих заросли на первых стадиях сукцессии; она проявляется в уменьшении скорости руслового потока и усилении седиментации аллювия. Дальнейшее формирование в ходе сукцессии луговых, лесных и кустарниковых сообществ в разной степени влияет на скорость течения вод в половодье и связанную с этим мощность отлагающихся наилок, что в значительной мере определяет плодородие почв. Особенно велика роль растительности на заключительных стадиях сукцессии, когда на пойменных землях появляются парковые и сомкнутые леса с богато-разнотравным покровом. Именно хорошо развитый ярус из многолетних трав оказывает решающее действие на почвообразовательный процесс, образуя дерновость почв.

Важно и то, что внешние причины, вызывающие изменения в ПРК, могут быть не только природными, но и антропогенными. Последнее обстоятельство приводит к тому, что человек в ходе своей деятельности может не только изменить облик ПРК, но и вмешаться в процессы, формирующие его, а значит и речную долину в целом. Это вмешательство далеко не всегда приводит к последствиям, благоприятным для человека (хотя такое возможно и встречается довольно часто), а зачастую может существенно ухудшить экологическое состояние не только самих ПРК, но и всех приречных территорий. Конечно, это может привести к изменению динамики ПРК, которая либо может выражаться появлением антропогенно-нарушенных ПРК, либо приводит к нарушениям смены фаз развития.

Вмешательство человека в ПРК проявляется либо прямо (непосредственно) через изменение морфологии русла и поймы, либо

косвенно (опосредованно) через трансформацию природных факторов русловых процессов (Горюхин и др., 2016).

Черновым А.В. была предложена группировка антропогенных факторов, объединяющая мероприятия и сооружения по характеру взаимодействия с ПРК (Чернов, 2009).

- К первой группе относятся такие мероприятия и сооружения, которые воздействуют на русловые процессы (изменяют сток воды, его сезонное распределение, способствуют увеличению или уменьшению поступления в реку наносов). К ним относятся водохранилища, промышленные, коммунальные и ирригационные водозаборы, *мелиоративные* и лесотехнические мероприятия, искусственное обвалование русел рек.

- Ко второй группе относятся те мероприятия и сооружения, которые непосредственно влияют на русла; их регулирование с судоходными целями, карьеры по добыче стройматериалов и т.д.

- Третья группа факторов представлена объектами и сооружениями, возведенными в русле и испытывающими воздействие русловых деформаций.

Неоднозначный эффект производит на ПРК *осушительная мелиорация*. Положительное влияние осушения для ПРК – понижение уровня грунтовых вод, осушение болот, ввод их в сельскохозяйственный оборот. Это снижает экологическую и социальную напряженность территорий, так как возрастает продукция сельского хозяйства, увеличивается занятость населения (Новиков, 2002). Мелиорация дает возможность изменять комплекс природных условий (почвенных, гидрогеологических, гидрологических и др.) на земельных угодьях в необходимом для человека направлении, формировать высокопродуктивные агробиоценозы, повышать плодородие почв, обеспечивать устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур,

выращивать новые культуры, создавать благоприятные условия для существования полезной флоры и фауны.

В то же время осушительная мелиорация может привести к негативным последствиям в ПРК, проявляющимся в следующем:

- осушение болот снижает зарегулированность стока, и в меженный период многие малые реки пересыхают;
- спрямление малых рек, используемых в качестве магистральных каналов-водоприемников, вызывает их врезание, что влечет за собой врезание низовьев открывающихся в них мелиоративных каналов и заиление, как малых рек, так и самих каналов;
- состояние мелиоративных каналов, расположенных на пойме, зависит от их ориентировки относительно форм первичного рельефа: грив, ложбин, стариц;
- в меженный период поверхностный сток во многих малых реках почти полностью прекращается и они пересыхают. У рек, имеющих большую водность, на этой стадии прибрежные зоны полностью покрываются растительностью. Зарастают и плесовые участки в центральных частях русел.

Таким образом, в такой динамичной, часто меняющейся системе, как пойменно-русловые комплексы, происходит постоянное движение вещества и энергии из пойменных почв в поверхностные воды и донные отложения. При этом часть соединений может аккумулироваться в донных отложениях, а часть вымываться из них, вторично загрязняя поверхностные воды, а в период наводнения оседать в пойменных почвах.

В современный период получение высоких урожаев в сельском хозяйстве не возможно без внесения в почву различных удобрений, содержащих соли тяжелых металлов. Тяжелые металлы оказывают наибольшее влияние на качество природных компонентов, относятся к

консервативным загрязняющим веществам, которые не разлагаются в природных водах, а только меняют формы своего существования.

В настоящее время анализ изменений процессов транзита-аккумуляции тяжелых металлов, происходящих в природной среде под влиянием осушительных мелиораций, может быть выполнен при помощи современного метода исследований – экологического анализа.

Вывод по главе

Для оценки возможного антропогенного воздействия на пойменно-русловые комплексы необходимо знать не только концентрацию и формы нахождения ТМ в водной толще, но и содержание загрязняющих веществ в донных отложениях и пойменных почвах. Поэтому влияние мелиоративных работ на состояние ПРК изучалось в системе: «пойменные почвы – вода – донные отложения», поскольку дренажные и поверхностные воды выносят из 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 (Зубарев, Коган, 2010). При этом особенностью такого триадного подхода служит то, что ни один из входящих в него отдельных компонентов не может предсказать результаты двух других, а сочетание компонентов позволяет дать более полную оценку экологического состояния ПРК (Canfield, 1996).

Следовательно, использование триадного подхода может способствовать развитию экологических исследований качества ПРК в разных регионах РФ. На территории Еврейской автономной области при экологической оценке ПРК и водотоков ранее данный подход не применялся и, несомненно, такие исследования представляют научный и практический интерес.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Природно-климатические условия района исследований

Пойменно-русловые комплексы широко распространены на юге, юго-востоке Среднеамурской низменности и входят в зону гетеротрофных сфагновых болот хвойно-широколиственных и южно-таежных лесов, для которой характерно преобладание низинных болот, различающихся по составу растительности: вейниково-пушицево-осоковые, тростниковые, моховые (Еврейская автономная область, 1992).

Переувлажнение ПРК и заболачивание территории определяется суммарным воздействием комплекса физико-географических факторов, основными из которых являются климатические, геоморфологические, гидрологические, почвенные и растительные.

По климатическому районированию территория исследования относится к муссонной лесной климатической области умеренных широт (Витвицкий, 1969). В соответствии с более детальным районированием ЕАО занимает юг Баджальского района Баджальско-Буреинской провинции (север ЕАО), Мало-Хинганский район и западную часть Амуро-Уссурийского района Среднеамурской провинции с хорошо выраженными сезонами года. Летом перенос воздушных масс возникает вследствие взаимодействия дальневосточной депрессии, формирующейся, главным образом, в бассейне р. Амур, и областями повышенного давления над окраинными дальневосточными морями (Японским и Охотским) и северо-западной частью Тихого океана (Петров, 2000). На режим осадков большое влияние оказывает муссонная циркуляция атмосферы, циклоническая деятельность и орография. Их взаимодействие обуславливает различие в количестве выпадающих осадков, как по сезонам года, так и по территории.

Максимальное количество осадков выпадает в июле-августе, а минимум – приходится на январь-февраль. Среднемноголетняя годовая сумма осадков составляет 632 мм, в отдельные годы сумма осадков бывает более этого значения, максимальная составила – 991 мм (2013 г.), а иногда выпадает значительно ниже нормы, минимум выпавших осадков за год – 364 мм. В первую половину теплого периода преобладают небольшие дожди, чаще обложного характера, а на вторую половину приходится основное число дней с сильными ливневыми дождями большой интенсивности, за сутки может выпасть более 100 мм осадков (Алексеева, Григорьева, 2005). Климату территории присущ ярко выраженный сезонный ход всех метеорологических факторов (Григорьева, 2003). Четыре основных климатических сезона – зима, весна, лето, осень – выделенные на основании комплекса признаков, имеют неодинаковую продолжительность. Зима в области начинается в конце октября – начале ноября и длится до конца марта. Зимний муссон обуславливает сухую солнечную морозную погоду со среднемесячной температурой января – $-21,2^{\circ}\text{C}$ на юге (Ленинский, Октябрьский район) и до – $-28,5^{\circ}\text{C}$ на севере области (Облученский район). Зима на территории области имеет продолжительность от 152 до 165 дней. Первые осенние заморозки начинаются 20 сентября – 7 октября, устойчивый снежный покров обычно образуется в третьей декаде октября. На зимний период приходится 5–15 % от годовой толщи осадков. Из-за небольшого снежного покрова и низких температур промерзание почвы достигает 150–200 сантиметров. Весна на территории области наступает в середине первой декады апреля или в конце марта и длится до начала июня. Повышается количество облачности, что приводит к уменьшению солнечности погоды до 60–80% по сравнению с зимним периодом. Безморозный период в центральных частях Среднеамурской низменности составляет в среднем

130–150 дней и более. Лето продолжается до трех месяцев, практически совпадая с календарными сроками. Температурный режим летнего периода характеризуется значительным увеличением, со средними температурами воздуха в июле от +19°C до +21°C и максимальными значениями до +40°C. Первая половина лета сухая, во второй – возрастает роль южных циклонов и тропических тайфунов, приносящих облачную теплую дождливую погоду; всего за летний период выпадает до 60% годовой суммы осадков (Еврейская автономная область, 1992).

Таким образом, климатические условия определяют общее увлажнение местности, а фактическая степень заболоченности зависит также от рельефа, естественной дренированности речной сетью и водопроницаемости слагающих пород.

Поверхность территории области представлена двумя типами рельефа: горным и равнинным. Горный рельеф относится к низко-средневысотному (300–1250 м), занимает около 50 % территории области, представлен южной частью обширной Хингано-Буреинской горной системы. Равнинная часть территории (слабооблесенная), простирающаяся на юге и востоке области, представляет западную окраину Среднеамурской низменности (Амура-Сунгарийской), которая является крупной межгорной впадиной, сложенной кайнозойскими озерно-аллювиальными образованиями (Фетисов, 2014). Высота низменности меняется в юго-восточном направлении от 100–150 м у подножия Малого Хингана до 50–40 м в пойме р. Амура. Равнина имеет небольшие уклоны поверхности 0–10°, что ведет, во-первых, к замедлению течения рек и, следовательно, к замедлению стока с их бассейнов, во-вторых, к застою воды на поверхности почвы (Природные ресурсы Еврейской автономной области, 2004).

Известно, что водный режим территории зависит не только от количества воды в сумме приходных факторов уравнения водного

баланса, но и от свойств почвы. Территория области по почвенному районированию относится к Южно-таежной Дальневосточной буроземно-лесной зоне Амуро-Уссурийской южнотаежно-лесной провинции бурых лесных почв (Голов, 1975; Росликова, 2006). На заболоченной равнинной территории они представлены аллювиальными, торфяно-болотными низинными (Смидовичский район, юго-восточная часть области), лугово-болотными и болотными (Ленинский и Октябрьский районы, южная часть автономии) (рисунок 1).

Луговые глеевые и болотные почвы в условиях повышенного увлажнения под воздействием капиллярной каймы грунтовых вод и поступления поверхностных вод с террас и водоразделов формируют разнотравно-вейниковые луга и вейниково-осоковые болота с дерново-торфянисто-глеевыми почвами, в основном все эти почвы имеют слабую водопроницаемость и тяжелый гранулометрический состав (Матюшкина, 2012).

Промерзание почвы до 150–200 см вследствие бесснежных зим является одним из факторов, приводящих к образованию болот, поскольку из-за небольшого снежного покрова и низких температур длительный процесс её оттаивания на равнинных и выровненных участках приводит к затруднению фильтрации воды в нижние почвенные слои и скапливанию ее на поверхности (Костенков, 2006; Росликова, 2006).

Таким образом, бесснежные зимы, глубокое промерзание почв, слабая водопроницаемость тяжелых по гранулометрическому составу почв приводят к формированию избыточной влаги на поверхности почвенных горизонтов.

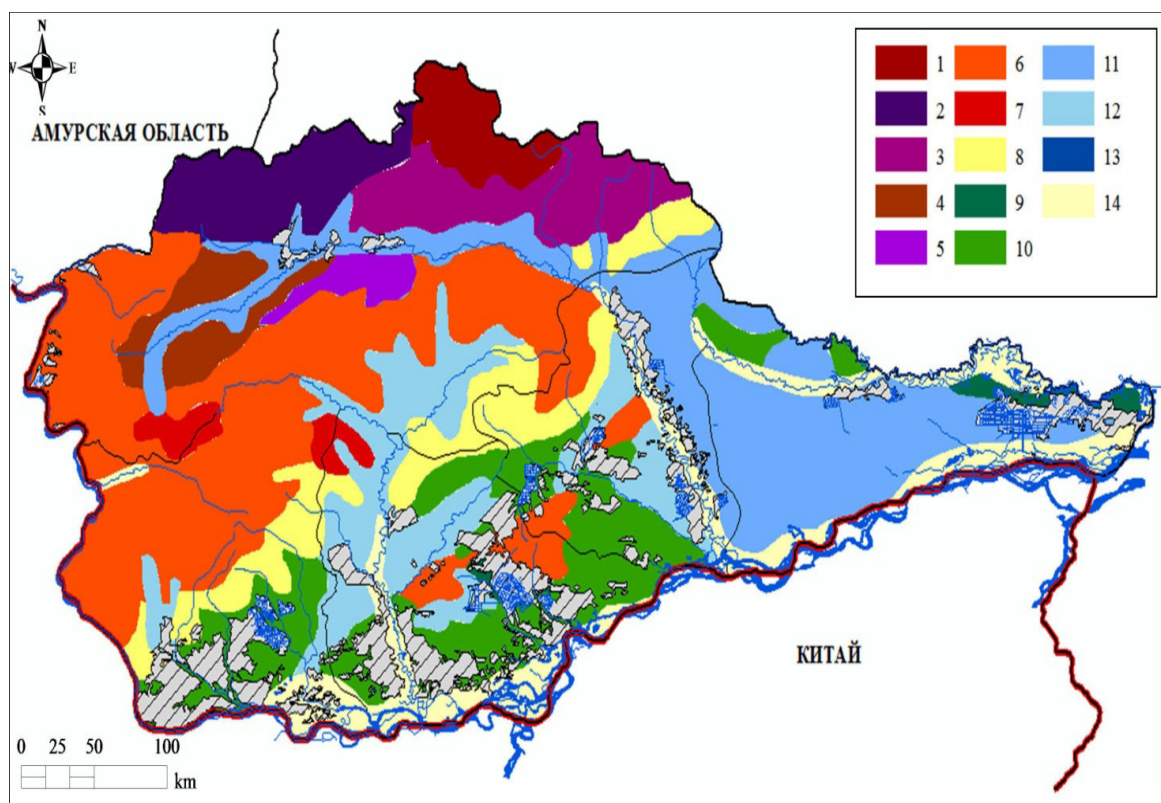


Рисунок 1 – Ареалы почв Еврейской автономной области.

Примечание: Ареалы почв горной территории: 1 – подбуры сухоторфянистые каменисто-щебнистые; 2 – буро-таежные (буроземы грубогумусовые) иллювиально-гумусовые каменисто-щебнистые; 3 – буро-таежные (буроземы грубогумусовые) щебнистые; 4 – буро-таежные (буроземы грубогумусовые) глееватые и глеевые глинисто- и суглинисто-щебнистые; 5 – бурые горно-лесные (буроземы) кислые суглинисто-щебнистые; 6 – бурые горно-лесные (буроземы) слабонасыщенные суглинисто-щебнистые. Ареалы почв предгорной и равнинной территорий: 7 – бурые лесные (буроземы) глееватые и глеевые суглинистые; 8 – лесные дифференцированные (лесные подбелы) суглинисто-глинистые; 9 – луговые дифференцированные (луговые подбелы) суглинисто-глинистые; 10 – луговые дерново-глеевые глинистые; 11 – лугово-болотные торфянисто- и торфяно-глеевые переходные; 12 – лугово-болотные торфянисто-дерново-глеевые низинные; 13 – торфяно-болотные верховые; 14 – аллювиальные (в основном пойменные луговые и лугово-болотные) супесчано-песчаные и суглинистые. Серым цветом выделены земли сельскохозяйственного использования. (Матюшкина, Калманова, 2018).

Большинство заболоченных территорий расположены в бассейне р. Амур с густотой речной сети в восточной части области – 0,1–0,3 км/км² (Аношкин, 2015). В гидрологическом режиме рек автономии четко прослеживаются следующие фазы: зимняя межень, весеннее половодье, летне-осенние паводки (Аношкин, Зубарев, 2012). Зимняя межень – наиболее длительная, с ноября по апрель, и в то же время маловодная фаза, не влияющая на формирование болот.

Вскрытие рек происходит в конце второй – начале третьей декады апреля почти одновременно на всей рассматриваемой территории. В формировании весеннего половодья принимают участие как зимние запасы снега, так и атмосферные осадки. Подъемы уровня воды зависят от характера весны, но в среднем его увеличение происходит постепенно от 0,2–0,3 до 0,7–1,0 м/сутки. Превышение максимума весеннего половодья над низким уровнем воды зимнего периода составляет в среднем 70–125 см. Продолжительность спада половодья по сравнению с подъемом несколько больше. Наиболее интенсивный спад зафиксирован в первые 3–5 суток после прохождения максимума половодья. Летняя межень на малых реках, как правило, практически не выражена; она наблюдается в маловодные засушливые годы и не является типичной (Зубарев, Коган, 2013). Второй наиболее значимой для условий территории ЕАО фазой водного режима рек являются дождевые паводки летне-осеннего периода, обусловленные обильными дождями, начинающимися со второй половины лета. Средняя продолжительность паводков изменяется от 10 до 37 суток; в отдельные годы она может повышаться до 60, либо снижаться до 5 суток. В этот период обычные наводнения наблюдаются почти ежегодно, большие – один раз в 3–4 года (например, в 2009 г.), катастрофические – один раз в 7–10 лет (последнее – в 2013 г.). Так, в 2013 г. к началу паводкового сезона насыщенность водой почв в речных бассейнах была крайне высокой вследствие снежной и холодной весны. В бассейнах рек сформировался мощный снежный покров, в котором запасы воды на начало снеготаяния составили более 200% от нормы. Вследствие поздней весны значительная часть талой воды осталась в почво-грунтах, и их впитывающая способность оказалась минимальной, поэтому большая часть атмосферных осадков поступала в речные системы, формируя тем самым высокие паводковые волны. Вскрытие рек

происходило при повышенной водности, уровни которой были выше обычных на 1,0–2,2 м; оно закончилось во второй декаде мая на 3–5 дней позже средних многолетних сроков. По сравнению с предыдущими годами русловые запасы воды на конец мая были в 2–2,5 раза больше. В течение июня на реках сохранялась повышенная водность, уровни воды превышали многолетние значения в 1,5–2,5 раза. Поймы рек в течение более чем двух месяцев были затоплены на глубину до полутора метров, тем самым приведя к затоплению значительной территории (Аношкин, 2015).

Таким образом, гидрологические условия режима уровней стока, особенно в период катастрофического наводнения, приводят к тому, что равнинные участки подолгу находятся в затопленном состоянии или избыточного увлажнения, что является одной из причин повышения заболоченности территории.

Кроме всех перечисленных выше факторов, на развитие болот влияет тип растительности. При болотообразовании она оказывает косвенное влияние на приходные (снегозадержание, уменьшение поверхностного стока и др.) и расходные (испарение) элементы водного питания земель. Кроме того, поверхностное расположение корневой системы растений вызывает быстрое переувлажнение при дождях (Бабилов, 2014).

В соответствии с современным геоботаническим районированием ЕАО территория заболачивания относится к Средне-Амурскому округу Дальневосточной Амуро-Уссурийской провинции. Основной тип растительности – лугово-болотный, в нем большое количество ассоциаций, что связано с природно-климатическими и почвенными условиями. В понижениях обычны мокрые вейниково-осоковые луга или осоковые и моховые болота с ерником. Фрагментарно встречаются

голубично-багульниковые мари с лиственнично-белоберезовыми редколесьями, кочковатыми болотами (Рубцова, 2016).

Таким образом, образованию заболоченности земель на территории ЕАО способствует:

1. муссонный характер выпадения осадков, при котором создается длительное, избыточное увлажнение почв;
2. бесснежные зимы, длительное сохранение сезонной, местами и многолетней мерзлоты; глубокое промерзание почво-грунтов (150–200 см);
3. выровненный рельеф с небольшими углами наклона (0–10 градусов), затрудняющий сток осадков, занимающий 30% территории;
4. резкие колебания уровней воды в реках и затопление при паводках пойм рек;
5. слабая водопроницаемость тяжелых по гранулометрическому составу почв, поверхностное расположение корневой системы растений вызывает быстрое переувлажнение при дождях.

Поэтому для Еврейской автономной области, находящейся в сложных природных условиях, единственной возможностью включения в активный сельскохозяйственный оборот новых земель является проведение специальных агротехнических мероприятий – осушительных мелиораций (Зубарев, 2016).

2.2. Выбор объекта исследования

В связи с особенностями климата, геологии и рельефа в 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 (Anoshkin, Zubarev, 2018).

На территории ЕАО в составе земель сельскохозяйственного назначения болота занимают 28% (1015 тыс. га), для использования которых действует 76 осушительных и 7 оросительных систем общей площадью 89,1 тыс. га; для отвода поверхностной влаги построено 36 тыс. км открытых каналов, 2,7 тыс. км закрытого гончарного и полиэтиленового дренажа, 2,4 тыс. единиц различных гидротехнических сооружений (Зубарев, 2013). Они расположены, в основном, в поймах малых рек, которые питают средние левобережные притоки р. Амур и наиболее быстро реагируют на мелиорацию земель (рисунок 2).

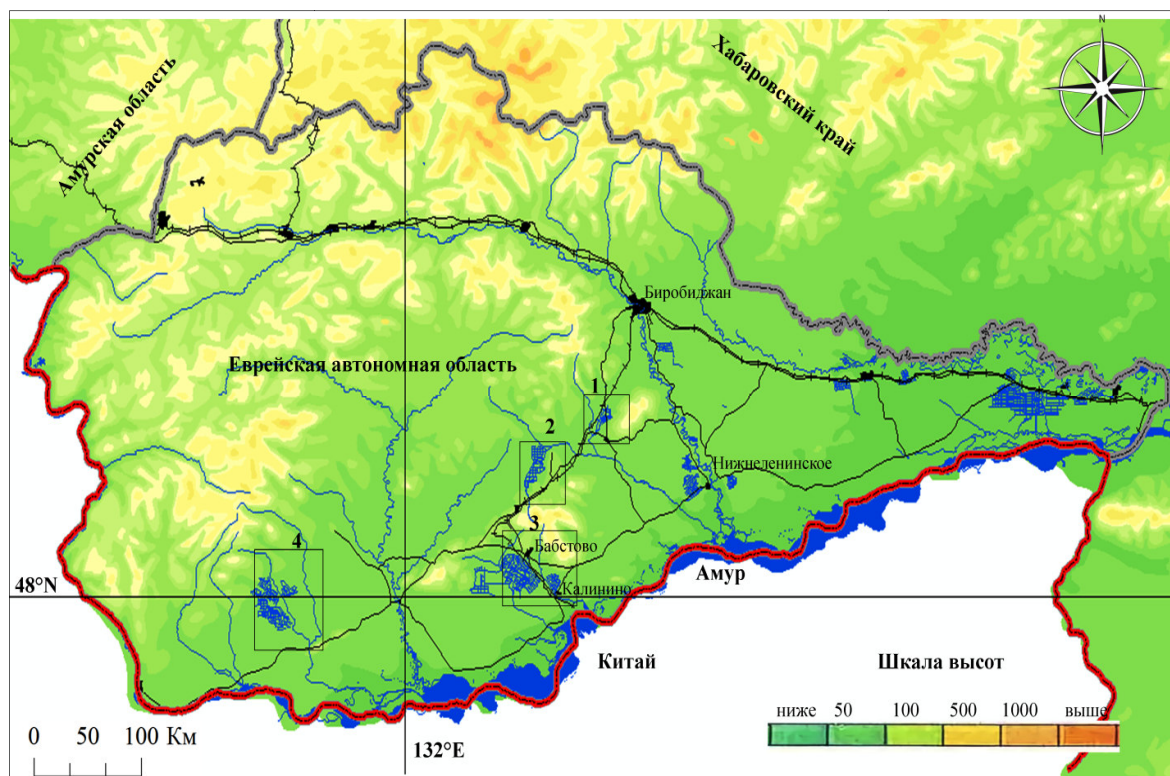


Рисунок 2 – Районы проведения исследовательских работ, юго-западная часть Среднеамурской низменности (прямоугольниками обозначены районы исследований)

Нами были выявлены все водотоки, в бассейнах которых проводились осушительные работы (таблица 1).

Таблица 1 – Водотоки, в бассейнах которых проводятся осушительные мелиорационные работы, на территории Среднеамурской низменности (в границах ЕАО)

Районы	Наименование водотока	Районы	Наименование водотока
Биробиджанский	Б.Бира	Октябрьский	М.Самарка
	М. Бира		Осиновка
	Ульдур		Самара
	Грязнушка		Амур
	<i>Икура</i>		Тунгуска
Ленинский	Биджан	Смидовичский	Б.Ин
	Буркали		Поперечка
	Вертопрашиха	Облученский	Амур
	Солонечная		Сутара
	Унгун		

По данным «ФГБУ Биробиджанмелиоводхоз» часть осушительных мелиорационных систем уже давно заброшена, каналы заросли, по ним не проходит сток дренажных вод в некоторые водотоки, например Икура Поперечка и Сутара.

Из всех выше представленных в таблице 1 водотоках нами были выбраны 5 рек, относящихся к категории малые, такие как Ульдур, Грязнушка, Солонечная, Вертопрашиха, Осиновка (рисунок 3), которые эксплуатируются по настоящее время с 1940 годов. Проведя анализ картографических данных, были выбраны водотоки: река Ушумун (аналог реки Ульдур) и река Кулемная (аналог реки Осиновка), в бассейнах которых отсутствует техногенное влияние.

Данные малые реки протекают в южной части ЕАО на территории Среднеамурской аллювиальной низменности, они удалены от других источников антропогенного загрязнения (лесная и горнодобывающая промышленность) и являются приемниками дренажных вод с осушительных мелиорационных систем. Для осушения пойм и

прилегающих территорий используется одинаковый способ: мелиорационной системы с открытыми собирателями трапецеидальной формы и отводящими магистральными каналами для сброса дренажных стоков в поверхностные воды.

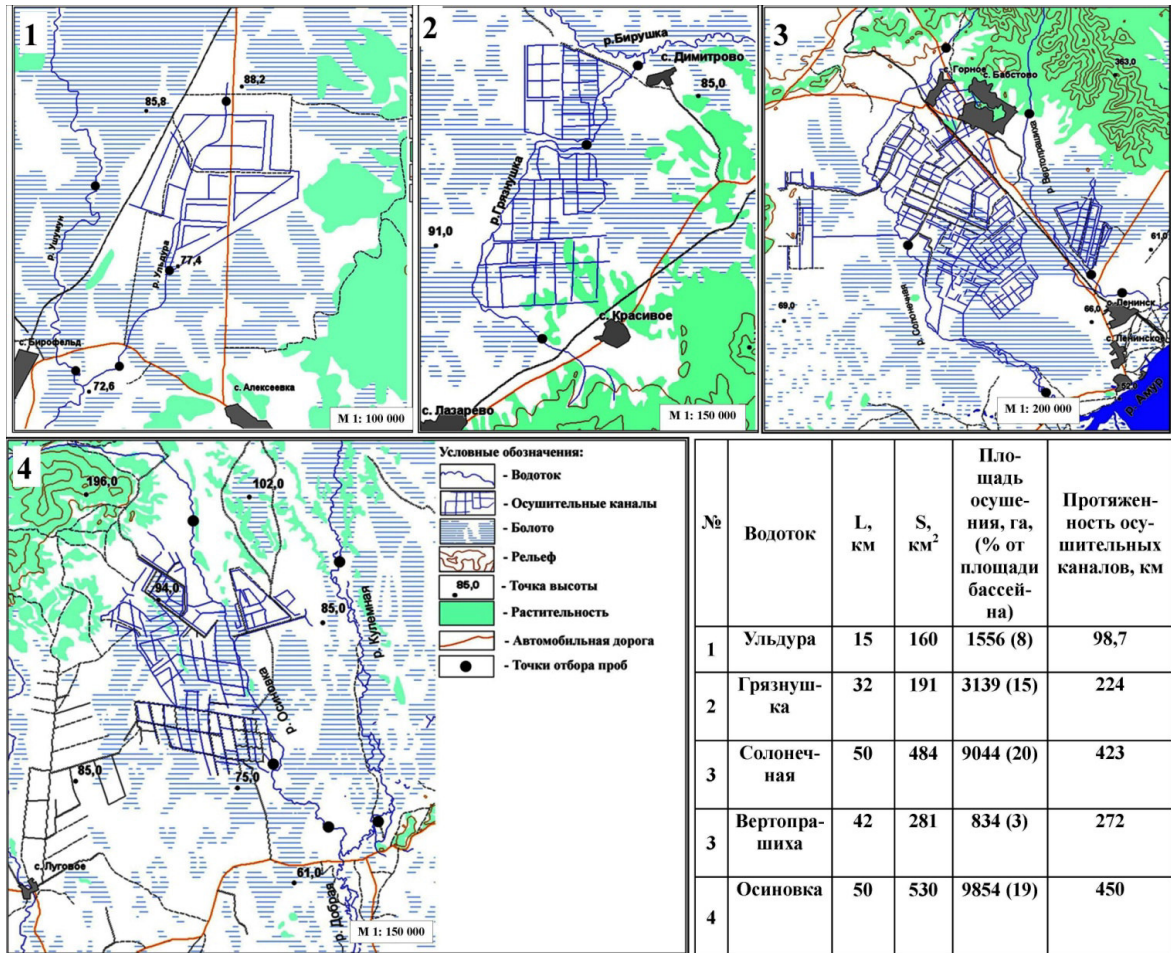


Рисунок 3 – Точки отбора проб на малых реках

Основные гидрографические характеристики исследуемых ПРК малых рек приведены ниже:

Река Ульдура имеет площадь водосбора 160 км², длину – 15 км, берет свое начало из болотного массива, впадает в р. Ушумун (рисунок 3). Залесенность ее бассейна составляет – 20%, заболоченность – 80%. Русло реки прямолинейное, большая часть излучин спрямлена, четкой границы с урезом воды нет. На всем протяжении ширина русла 3–5 м, с глубинами от 0,2 до 0,6 м. Река протекает через мелколиственный лес, сильно затенена. Отчетливо выражена двусторонняя кочковатая пойма.

В верхнем течении реки русло сильно замусорено бревнами, корягами. Бассейн р. Ульдуря занят на 1115 га сельскохозяйственными угодьями, в основном лугами, пастбищами и улучшенными сенокосами, имеющими дерново-подзолистый тип почв, разнотравно-луговой и болотной растительностью. Течение очень слабое или не наблюдается вовсе. Русло заросло водной растительностью. В настоящее время река представляет собой канаву, особенно при пересечении с автомобильной магистралью в среднем течении. Дно песчано-илистое с большим количеством неразложившегося органического материала.

Река Ушумун (рисунок 3), используемая в качестве реки-аналога, берет свое начало из болотного массива. Ее длина составляет 45 км, площадь водосбора – 260 км². Заболоченность бассейна реки равна 71%, в том числе площадь озер – менее 2%, редким лесом покрыто около 29% площади. Русло реки обладает умеренной гидрографической извилистостью (коэффициент извилистости 1,02–1,03). В бассейне этой реки объекты хозяйственной деятельности полностью отсутствуют; гидрологический, гидрогеологический и гидрохимический режимы ее находятся в естественном состоянии.

Река Грязнушка берет свое начало с южных склонов хребта Чурки, длина составляет 32 км, площадь водосбора – 191 км² (рисунок 3). Заболоченность бассейна реки равна 80%, залесенность – 20%. Речная сеть довольно простая, значительная часть притоков представляет собой мелиоративные каналы, на большом протяжении плохо расчищенные, сильно заросшие, местами замусоренные. Русло извилистое с заболоченными берегами, ширина его не превышает 5 м, распределение глубин 0,3–0,9 м. На отдельных участках река имеет довольно крутые берега. В верхнем течении протекает через мелколиственный лес, река сильно затенена. В среднем и нижнем течении дренирует заболоченные сельскохозяйственные угодья.

Отчетливо выражена двусторонняя кочковатая пойма. Местами четко выражены террасы. Дно песчаное, местами гравийное и глинистое. Бассейн р. Грязнушка занят на 3200 га сельскохозяйственными угодьями, в основном лугами, пастбищами и улучшенными сенокосами, имеющие дерново-подзолистый тип почв, разнотравно-луговой и болотной растительностью.

Река Солонечная (рисунок 3) имеет площадь водосбора 484 км², длину – 50 км, берет свое начало из юго-западных склонов хребта Чурки, впадает в р. Амур. Залесенность ее бассейна составляет менее 10%, заболоченность – 90%, в том числе около 5% приходится на мелкие озера. На всем протяжении река принимает множество мелиоративных каналов, соединенных между собой в единую сеть. На некоторых участках, особенно в нижнем течении, русло искусственно спрямлено, представляет собой продолжение мелиоративной сети. На всем протяжении река течет в глубокой, заболоченной долине. Ширина реки – не более 5 м. Глубина в среднем течении – около 1,5 м. В районе проведения осушительных работ течение слабо выражено, иногда не наблюдается вовсе. Бассейн р. Солонечная занят на 10 тыс. га сельскохозяйственными угодьями, в основном пашнями, пастбищами и улучшенными сенокосами, имеющими лугово-болотный и лугово-глинистый тип почв, с разнотравно-луговой и болотной растительностью.

Водоразделы между р. Солонечная и р. Вертопрашиха выражены слабо, что делает выделение бассейнов в какой-то мере условным.

Река Вертопрашиха (рисунок 3) имеет площадь водосбора 281 км², длину – 42 км, берет свое начало, также, как и р. Солонечная, из юго-западных склонов хребта Чурки, впадает в р. Амур. Залесенность ее бассейна составляет около 20%, заболоченность – 80%. Течение здесь хорошо выражено, местность вокруг заболочена, по берегам

встречаются кустарники. Донные отложения почти на всем протяжении представлены песчаными и глинистыми илами. В нижнем течении реки преобладают сельскохозяйственные угодья, разнотравно-злаковые луга и заболоченные земли. В верхнем течении – мелколиственные леса (ясень, береза, ольха). Бассейн реки занят всего на 900 га сельскохозяйственными угодьями (пашня – 600 га, залежь – 200 га).

Река Осиновка берет свое начало в отрогах Малого Хингана, имеет площадь водосбора 530 км², длину – 50 км. Залесенность ее бассейна составляет – 30%, заболоченность – 70% (рисунок 3). Река на всем своем протяжении превращена в мелиоративный канал, бассейн занят сельскохозяйственными угодьями – лугами и пастбищами. По всей реке течение очень слабое или не наблюдается вовсе. Русло сильно заросло прибрежной растительностью, тростником, кубышками, ряской. Дно песчано-илистое с характерным болотным запахом. В нижнем течении долина реки сильно заболочена. Здесь река принимает большое количество мелиоративных канатов. В среднем течении русло реки спрямлено, сильно активно зарастает высшей водной растительностью, течение слабое, русловой аллювий представлен преимущественно илистыми отложениями.

Река Кулемная (рисунок 3), используемая в качестве реки – аналога, берет свое начало в отрогах Малого Хингана. Ее длина составляет 40 км, площадь водосбора – 460 км². Заболоченность бассейна реки равна 60%, в том числе площадь мелких озер – менее 4%, редким лесом покрыто около 40% площади. Русло реки обладает умеренной гидрографической извилистостью (коэффициент извилистости 1,02–1,03), протекает в торфяных и минеральных грунтах. Берега этой реки обрывистые, сложены в основном минеральными грунтами (супесями). Дно реки в верхнем ее течении песчано-галечниковое, в нижнем – песчаное. Из морфологических элементов

русел для реки характерны ленточные и грядовые образования. В бассейне реки объекты хозяйственной деятельности полностью отсутствуют; гидрологический, гидрогеологический и гидрохимический режимы ее находятся в естественном состоянии.

2.3. Отбор проб и методы исследований

Для изучения влияния осушительной мелиорации на изменение экологического состояния бассейнов малых рек были проведены полевые исследования с 2009 по 2018 гг. Выбор определенных точек отбора производился на основании предварительной гидрологической и гидрохимической рекогносцировки.

Отбор проб производился выше и ниже районов проведения мелиоративных работ, осуществлялся для поверхностных вод в соответствии с ГОСТ 51592-2000, пойменных почв – по ГОСТ 28168–89, донных отложений – по ГОСТ 17.1.5.01-80. 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.

Для оценки мелиоративной преобразованности водосборных бассейнов был использован коэффициент, рассчитанный по формуле:

$$K_{\text{м.п.}} = \frac{\sum S_{\text{вод.}}}{\sum S_{\text{о.м}}}, \text{ где } S_{\text{вод.}} - \text{площадь водосбора малой реки, } S_{\text{о.м.}} - \text{площадь}$$

осушительной мелиорационной сети на водосборе.

2.3.1. Отбор, подготовка и методы анализа пойменных почв

Отбор проб пойменных почв проводили из верхнего горизонта – по ГОСТ 17.4.3.01-83. Масса каждой пробы составлял 0,4–0,5 кг. Все образцы высушивали при комнатной температуре, просеивали через

сито $d=0,5$ см для отделения мусора и крупной фракции, а затем тщательно перемешивали. Далее образцы почв были отквартованы для получения средней пробы $m=50$ г, которые в дальнейшем подвергались измельчению в планетарной мельнице «Pulverisette 6». Масса измельченной пробы, которую использовали для анализа, составляла около 2 г. В каждом подготовленном образце почв проводили определение содержания валовых форм ТМ – методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) на приборе «SOLAAR M6», производство компании «Thermo Electron Corporation» (США). Для определения валового содержания ТМ все образцы пойменных почв были подвержены кислотному разложению (HNO_3 , HCl , HF) в микроволновой системе «Mars-6».

Гумус определяли методом И.В. Тюрина (Орлов; 1985), актуальную кислотность – потенциметрией (ГОСТ 28168–89).

Нами было выбрано исследование валового содержания элементов в почве, поскольку оно дает представление о степени техногенного загрязнения, позволяет оценивать контрастность и емкость геохимических барьеров (Трифорова, Ширкин, Селиванова, 2007), определяют величину различных геохимических модулей (Чертко, 2001) и расчет суммарного показателя загрязнения почв.

Одна из главных характеристик антропогенного воздействия на природную среду это ее интенсивность, которая определяется степенью накопления поллютанта по сравнению с природным фоном. Показателем уровня повышенного содержания элементов является коэффициент концентрации K_c , который рассчитывается как отношение содержания элемента в исследуемом объекте C_i к среднему фоновому его содержанию $C_{iф}$: $K_c = C_i / C_{iпдк}$, где C_i – фактическое содержание i -го элемента в почве и $C_{iпдк}$ – Предельно-допустимая концентрация i -го элемента в почве.

Изменение качественного состояния пойменных почв и донных отложений оценено по суммарному коэффициенту загрязнения ($Z_{ст}$) с индексом, отражающим классы опасности ТМ. $Z_{ст} = \sum(K_c * K_{T_i}) - (n-1)$, где K_{T_i} – коэффициент токсичности i -го элемента. Водяницкий Ю.Н. предал 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 $K_{T_i} = 1,5$. (Водяницкий, 2005).

Все анализы проводили в 3-х кратной повторности. Статистическую обработку полученных результатов осуществляли общепринятыми методами с помощью пакета компьютерных программ «Microsoft Excel».

2.3.2. Отбор, подготовка и методы анализа поверхностных вод

На каждой точке отбора проб осуществлялся визуальный осмотр состояния реки и прилегающей к ней местности, проводились промеры параметров русла реки, определялись характер грунта, скорость течения. На месте отбора проб измеряли температуру воды, рН и содержание кислорода.

Измерение скорости течения проводилось при помощи микрокомпьютерного расходомера-скоростемера МКРС (Цивин, Абраменко, 2004).

Содержание растворенного кислорода устанавливали йодометрическим методом (ПНД Ф 14.1:2.101-97, 1997).

Для отдельного определения растворенной и взвешенной форм ТМ пробы воды фильтровались через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм (ГОСТ Р 51592-2000, 2000; Yeats, 1987).

Общее содержание взвешенных веществ исследовали методом гравиметрии, после фильтрования пробы через фильтр с диаметром пор 0,45 мкм и взвешивания полученного осадка после высушивания его до постоянной массы (РД 52.24.468-2005, 2005).

Определение общего содержания ТМ в фильтрате требует предварительной процедуры деструкции ее связанных органических и неорганических форм и их перевода в аналитически определяемые формы. Разложение проб проводилось с использованием микроволновой системы «Mars-6», предназначенной для разложения объектов с органической и неорганической матрицами при подготовке проб к инструментальному анализу. Эффективность микроволнового разложения обусловлена сочетанием возможности кислотного разложения с СВЧ воздействием при высоких температурах и давлении. Главной сложностью микроволнового метода является тщательная подготовка системы (контейнеров) и подбор оптимальных параметров для разложения образцов. Нами выбраны следующие параметры микроволнового разложения: 1) температура 140°C; 2) давление 300 psi; 3) мощность 1989 Вт; 4) время разложения 15 мин.; 5) время удерживания 8 мин. Реагенты (на 0,5 г пробы), используемые в анализе: HNO_3 – 1,2 мл; HCl – 3,5 мл.

Растворенные и взвешенные формы ТМ определялись методом ААС на приборе «ThermoElectron SOLAAR 6M» (РД 52.18.286-9, 1991). Компьютерное управление процессом измерения и обработка информации производилась в трехкратной повторяемости методом градуировочного графика с автоматическим расчетом доверительного интервала.

Определение органического углерода (общего, органического, взвешенного), гуминовых и фульвокислот проводили на аппаратурной базе ИВЭП ДВО РАН г. Хабаровск, аналитик к.г.н. Левшина С.И.

Для определения общего органического углерода проводилось окисление соединений углерода, находящихся в пробе воды, при температуре от 550 до 1000⁰С, в присутствии кислорода и катализатора (0,01N HCl) до диоксида углерода (IV), с последующим определением на анализаторе TOC-Ve («Shimadzu», Япония) (ГОСТ 52991-2008, 2009).

Растворенный органический углерод после пропускания образца воды через мембранный фильтр с порами размером 0,45 мкм, предварительно промытый 0,1 моль/дм³ раствором соляной кислоты, определялся на анализаторе TOC-Ve («Shimadzu», Япония) (ГОСТ 52991-2008, 2009).

Взвешенный органический углерод по И.В. Тюрину с фотометрическим окончанием по Д.С. Орлову (Бельчикова, 1975).

Гуминовые и фульвокислоты извлекали из отфильтрованной воды путем концентрирования и отделения гумусовых веществ на целлюлозном анионообменнике – диэтиламиноэтилцеллюлозе и определяли фотометрически (Красюков, Лапин, 1988).

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) рассчитан по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \quad (1),$$

где: C_i – концентрация ТМ $\text{ПДК}_{\text{р.х.}}$ – предельно допустимая концентрация ТМ для вод хозяйственно-питьевого водоснабжения, n – количество ТМ.

Расчет распределения металлов между сосуществующими формами основан на методе материального баланса (Коган, Рыжкова, 2010):

$$C_m = [M^{m+}]^+ + \sum_1^n [ML]_n \quad (2),$$

где: C_m – суммарная концентрация растворимых форм металлов; (M^{m+}) – концентрация ионов металла, не связанных в комплексные

соединения; $(ML)_n$ - концентрация комплексных соединений металла с лигандами (Линник, 1986).

Теоретически предельная концентрация гидратированных ионных форм металла вычислялась по значениям рН и констант устойчивости гидроксо- комплексов ионов металла. Константы реакций рассматривались как последовательные константы ступенчатой кислотной диссоциации гидратированных ионов металлов, а каждая из них – как частичное равновесие с присущим только ей набором промежуточных продуктов (Linnik, 2003).

Мольная доля свободных ионов ($\alpha_{M^{m+}}$) рассчитана по уравнениям:

$$\alpha_{[M^{m+}]} = \frac{1}{\Phi} * 100 \quad (3),$$

$$\Phi = 1 + \beta_1[L_1] + \beta_2[L_1]^2 \dots + \beta_1[L_2] + \beta_2[L_2]^2 \dots + \beta_1[L_n] + \beta_2[L_n]^2 \dots + \beta_n[L_n]^n \quad (4),$$

где: β_n – константа устойчивости комплексного соединения $(ML)_n$, Φ – функция Фронеуса, L_n – концентрация комплексообразующих лигандов.

Мольная доля (%) каждого комплексного соединения металла ($a_{(ML)_n}$) определена делением соответствующего ей $\beta_n(L_n)^n$ на Φ :

$$\alpha_{[M^{m+}]} = \frac{\beta_n[L_n]^n}{\Phi} * 100 \quad (5).$$

Содержание ионов H^+ и OH^- рассчитано исходя из ионного произведения воды (K_w): $K_w = (H^+) + (OH^-)$; $(H^+) = 10^{-pH}$; $(OH^-) = 10^{-pOH}$.

2.3.3. Отбор, подготовка и методы анализа донных отложений

Проба донных отложений должна характеризовать водный объект или определенную часть его за определенный промежуток времени. При изучении загрязненности их тяжелыми металлами объем пробы ДО должен быть не менее 1 кг. Пробы донных отложений отбирались штанговым дночерпателем Гр-91 на глубине 25 см от поверхности залегания. Пробы донных отложений помещались в предварительно

подготовленные (очищенные 1М HCl и промытые дистиллированной водой) полиэтиленовые контейнеры и хранились замороженными. В лаборатории образцы донных отложений высушивались при комнатной температуре в чистом помещении. Далее образцы донных отложений, так же как и пойменных почв, были отквартованы для получения средней пробы $m=50$ г, которые в дальнейшем подвергались измельчению в планетарной мельнице «Pulverisette 6», до мелкой фракции >1 мкм. Масса измельченной пробы, которую использовали для анализа, составляла около 5 г.

В каждом подготовленном образце донных отложений проводили определение содержания валовых форм ТМ методом ААС на приборе «SOLAAR M6». Для определения валового содержания ТМ все образцы донных отложений были подвержены кислотному разложению в микроволновой системе «Mars-6».

Суммарную оценку процессов транзита-аккумуляции проводили по той же методике, что и для пойменных почв.

Миграционную способность ТМ из воды в донные отложения можно объяснить с помощью коэффициента распределения (Ваганова,

Давыдова, 2011): $\lg K_{распр} = \frac{[M_{до}]}{[M_{вода}]}$, (6), где $\lg K_{распр}$ – коэффициент

распределения; $[M_{до}]$ – содержание металла в донных отложениях, мг/кг;

$[M_{вода}]$ – содержание металла в воде, мг/дм³. Интерпретация $\lg K_{распр}$

сводится к тому, что чем больше его значение, тем интенсивнее

наблюдается процесс миграции металла из воды в донные отложения

(Нахшина, 1985).

2.3.4. Отбор, подготовка и методы анализа макрофитов и гидробионтов

Для анализа на содержание ТМ были отобраны и проанализированы высшие водные растения семейства рдестовые: *Potamogeton perfoliatus*, которые относятся к группе погруженных укореняющихся гидрофитов (Папченков, 1985).

Среди индикаторов уровня загрязнения поверхностных вод рыбы являются самыми приемлемыми маркерами для представления о характере возможного антропогенного влияния, присутствующего в воде (Воробьев В.И., 1993; Евтушенко Н.Ю., 1996). Для выявления влияния осушения на гидробионты нами был выбран гольяна Лаговского (*Phoxinus Lagowskii*), данный вид наиболее часто встречается в малых реках Среднеамурской низменности.

Образцы растительности и рыб высушивали при комнатной температуре и подвергали озолению в муфельной печи при температуре 450°C. Для определения валового содержания ТМ все образцы были подвержены кислотному разложению (HCl) в микроволновой системе «Mars-6».

В каждом подготовленном образце проводили определение содержания ТМ методом ААС на приборе «SOLAAR M6», производство компании «Thermo Electron Corporation».

ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ТРАНЗИТА-АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЙМЕННОЙ ПОЧВЕ, ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

3.1. Влияние осушительной мелиорации на состояния пойменных почв

Влияние осушительной мелиорации на изменение свойств почвы разнообразно и часто противоречиво. Исследования многих ученых показывают, что на осушенных почвах создаются условия, более благоприятные для развития растений, чем на неосушенных (С.Г. Скоропанов, 1958; Ц.Н. Шкиннис, 1977; Л.П. Кареле, 1976; В. Миляускас, 1963; Е.П. Панов и другие, 1978, 1981).

Многие исследователи указывают на то, что под влиянием осушительной мелиорации с уменьшением степени заболоченности повышаются величина рН, сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями (Е.И. Синькевич, Ю.Ф. Крастинь, 1977; И.И. Компаркас, 1966; Л.П. Кареле, Ц.Н. Шкиннис, 1977),

Кроме того, осушительная мелиорация действует как фактор, усиливающий высвобождение питательных элементов, главным образом кальция, магния, нитратов, сульфатов и органического вещества, она способствует также усиленному вымыванию их дренажными водами.

С выносом дренажными водами соединений щелочных и щелочноземельных элементов изменяются кислотность почв, сумма поглощенных оснований, содержание активного кальция и степень насыщенности основаниями. В связи с этим многие авторы указывают на то, что в осушенных почвах по сравнению с неосушенными увеличивается актуальная и гидролитическая кислотность, уменьшается

сумма обменных оснований, содержание активного кальция и степень насыщенности основаниями (В.К. Розенберг, 1968, 1974).

Несмотря на всесторонние и глубокие исследования влияния мелиорации на агрохимические свойства почвы, нет ответа на вопрос о том, какие изменения агрохимических свойств почвы происходили под действием длительного периода действия дренажа конкретно в почвенно-климатической зоне Еврейской автономной области.

3.1.1. Влияние осушения на изменение содержания гумуса в пойменных почвах

Поскольку сельскохозяйственные осушительные мелиорации предназначены для улучшения водного режима в заболоченных и переувлажненных землях, то нами рассмотрено влияние мелиорации на одни из основных характеристик почвенного плодородия это гумус и кислотность почв (Brummer, Herms, 1983). Содержание гумуса является одним из показателей плодородия почв, так как он, прежде всего, активно участвует в процессе почвообразования (Лыков, 1985). Ему отводится самая главная роль непосредственно в формировании профиля почв.

Нами показано, что поверхностные плодородные горизонты неосушенных пойменных почв (0–20 см) содержали больше гумуса, чем мелиорированные (рисунок 4). Уменьшение содержания гумуса, по мнению В. К. Пестрякова (1980), усиливается в результате повышения аэрации под влиянием периодических обработок, приводящих к росту биологической активности почв и ускорению процессов минерализации органического вещества (Пестряков, В.К. и др., 1980).

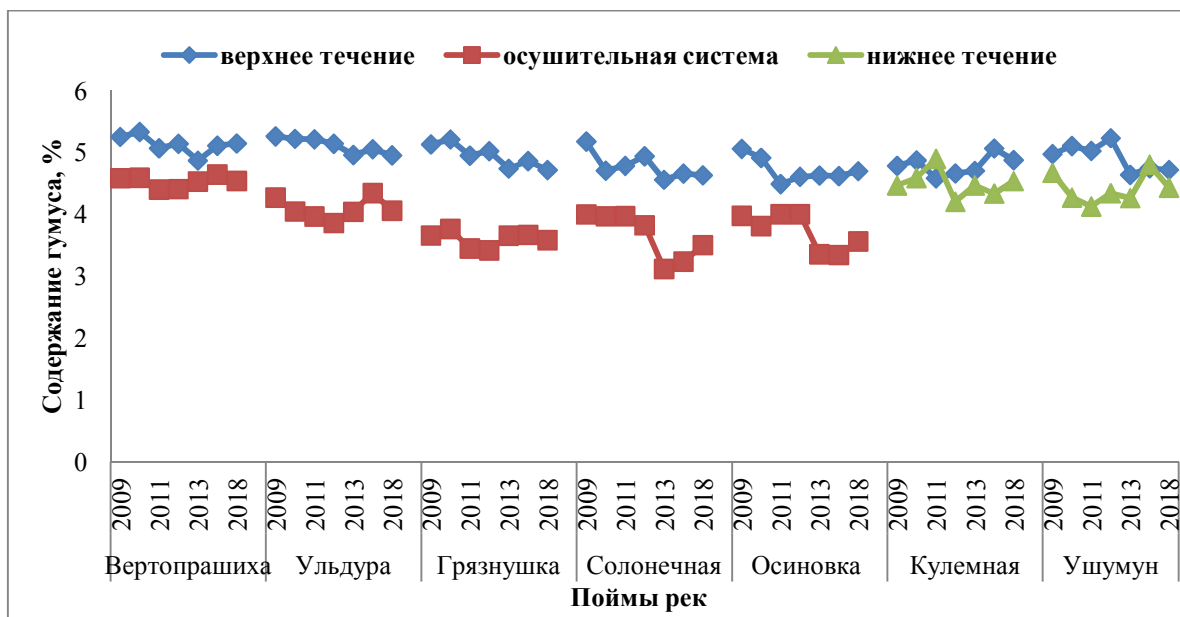


Рисунок 4 – Содержание гумуса в пойменных почвах

Однако при анализе данных по содержанию гумуса следует иметь в виду и еще одно важное обстоятельство. Ежегодно во время весеннего паводка в исследуемой части Среднеамурской низменности на ее поверхности откладывается наилок мощностью 0,5–1,0 см (Аношкин, 2012). Таким образом, за более чем 40 лет на поверхности почвы могло отложиться не менее 15–30 см аллювия, содержащего небольшое количество органического вещества (1–1,5%). Вновь поступающий наилок ежегодно перемешивается с пахотным горизонтом, как бы разбавляя его и понижая тем самым общее количество органического вещества в поверхностном слое. Снижение содержания гумуса так же связано с аэрацией при ежегодной распашке, и со сменой застойного водного режима на застойно-промывной, с частой сменой анаэробных и аэробных условий, способствующей быстрой сработке.

Мелиорация приводит к уменьшению содержания гумуса, что может вызывать снижение концентраций некоторых ТМ в почвах, поскольку происходит ускоренная миграция железа, так как оно находилось в почвах в виде аморфных окисных и закисных, а также железо-гумусовых соединений (Зубарев, 2012). При избыточном

увлажнении почв в течение теплого сезона года и наличии открытой почвенной системы и дренажа под воздействием гравитационных сил водные растворы коллоидальных форм гидроокисей и закисей Fe двигались к дренам. Аналогичные процессы происходили с соединениями марганца, потому что его миграция в верхних горизонтах почв также была связана с абсорбцией с гумусовыми веществами. Изменение концентраций других поллютантов также зависело от содержания гумуса (Зонн, 1982; Федоров, 1988; Гайдукова и др., 2014). Таким образом, гумус может препятствовать миграции ТМ вследствие высоких сорбционных свойств, поскольку образует с ними сложные и комплексные соединения, менее доступные растениям.

3.1.2 Влияние осушения на изменение кислотности пойменных почв

Еще одним из основных факторов, обуславливающих подвижность ТМ является кислотность почв (рисунок 5).

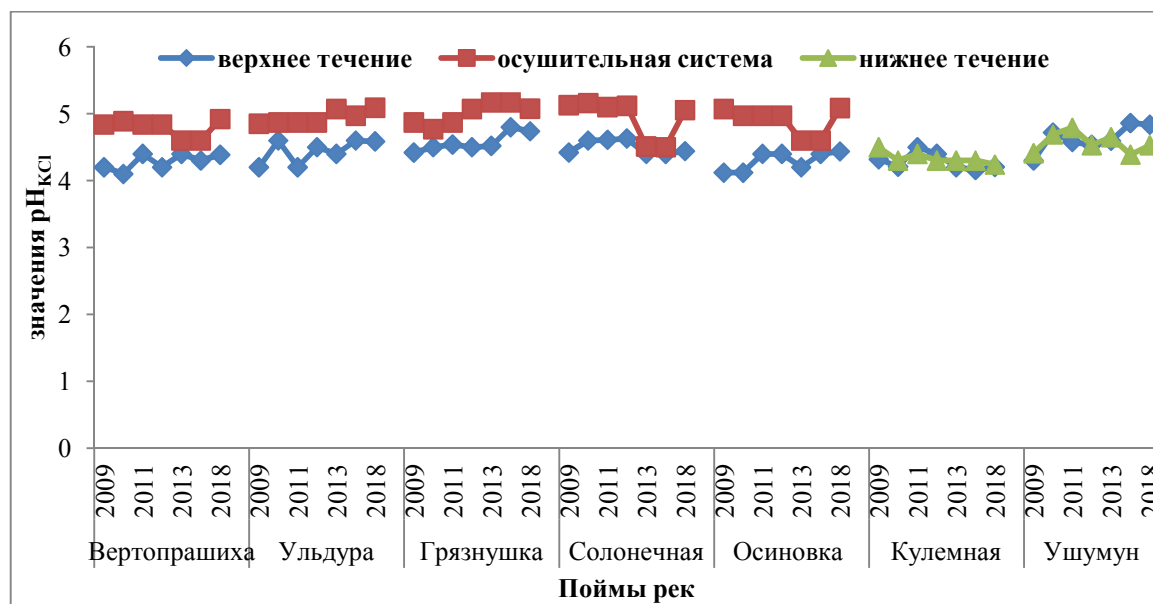


Рисунок 5 – Значения pH_{KCl} пойменных почв

Неосушенные пойменные почвы характеризуются как кислые и слабокислые, однако при мелиорировании и прокладке дренажа изменяются кислородные условия. При наводнении, приводящему к полному затоплению пойм некоторых водотоков, происходит смыв с осушенных пойменных почв внесенных удобрений и, как следствие, снижение значений рН.

Проведенные исследования кислотности почв показали, что (рисунок 5) во всех пойменных почвах показатель pH_{KCl} в верхних течениях варьируется в интервале 4,1–4,8 ед. рН, и относятся к категории «среднекислые» почвы. На осушительных системах показатель рН относится к категории «слабокислые» 5,0–5,3 ед. рН. Наводнение 2013 г. привело к снижению значений пойменных почв в сторону слабокислотной рН. Известно, что по отношению к кислотности цинк и медь являются подвижными элементами, свинец и никель – малоподвижными. Эти элементы быстро теряют подвижность в почве в результате химических реакций, сопровождающихся образованием труднорастворимых фосфатов, сульфатов, карбонатов, хроматов, молибдатов, гидроксидов, а также за счет поглощения органическими и минеральными коллоидами (Сао, 2001).

3.1.3 Исследование процессов транзита-аккумуляции тяжелых металлов в пойменных почвах

По мнению ряда ученых огромная роль в процессах формирования количественного содержания ТМ в почвах принадлежит генезису, распределению ТМ в горных породах и породообразующих минералах и различием состава и сложения материнской породы (Черногоров и др., 2012). Концентрации ТМ в почвах определяют ряд факторов – реакция среды, содержание органического вещества, скорость процессов

биологического круговорота элементов, механический состав почв и т.д. (Ковда и др., 1959; Черников, Яшин, 1999; Алиева, 2016 и др.).

Железо. Железо относится к числу типоморфных элементов (типичных металлов для ЕАО) (рисунок 6), имеющих химическое сродство к углероду (карбонаты), фосфору (фосфаты), сере (сульфаты, сульфиды) и кремнию (силикаты). Железо является одним из основных элементов, входящим в состав почвы. Колебание содержания железа в исследуемых почвах весьма существенно. Во всех исследуемых образцах концентрации Fe превышают кларковые значения для почв – 38000 мг/кг примерно в 1,5 раза (рисунок 6). 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), Fe общее примерно на 80% находится в виде двухвалентного (закисного) железа и 20% приходится на трехвалентное (окисное) железо.

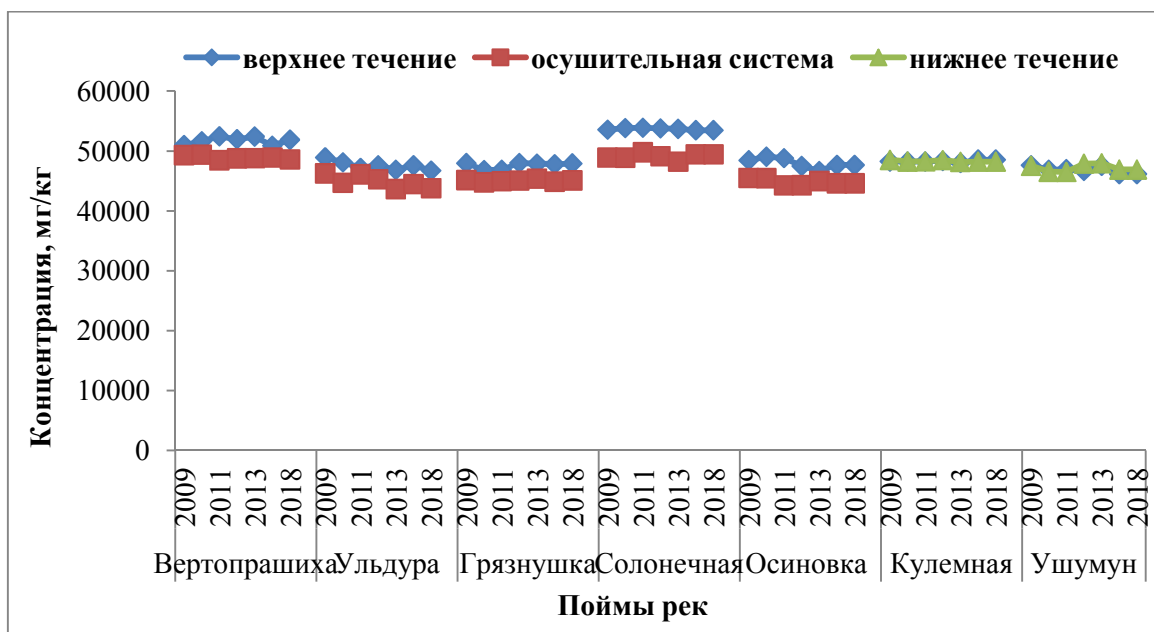


Рисунок 6 – Валовые концентрации железа в пойменных почвах

При дренировании осушительными каналами создаются условия улучшенной аэрации, способствующие снижению влажности и изменению кислотности пойменных почв в сторону более слабокислой рН среды. Это привело к возрастанию трехвалентного железа до 40%. Повышенное количество Fe^{2+} связано с глеевыми процессами, развитие которых зависит от многообразных факторов, к которым можно отнести условия влажности исследуемой территории, гранулометрическому составу почв, химическим и биологическим процессам, а также содержанию и формам органического вещества и др. (Черных, и др., 1999).

Марганец. Одним из наиболее необходимых для растений микроэлементов является марганец (рисунок 7). Попытки вырастить растения без марганца или заменить его каким-либо другим элементом не дали результатов (Ковда, 1985).

Значительная аккумуляция Mn в верхних плодородных почвенных горизонтах связана с его удержанием гумусовыми веществами (Алексеев, 1987). Кларк марганца в почвах мира равен 850 мг/кг, ПДК марганца в почвах составляет 1500 мг/кг (Иванов, Кашин, 1989). Оксиды марганца в почвах являются фазами-носителями других ТМ (Водяницкий, 1998). В почве марганец может заменять обменные основания – Ca^{2+} и Mg^{2+} , а в почвенном растворе образует комплексы с органическим веществом (в основном с фульвокислотами) (Добровольский, 2001; Manseau A, 2002; Водяницкий, 2009). Некоторые исследователи предполагают, что накопление марганца в сельскохозяйственной почве можно рассматривать как фактор, способствующий закреплению опасных тяжелых элементов.

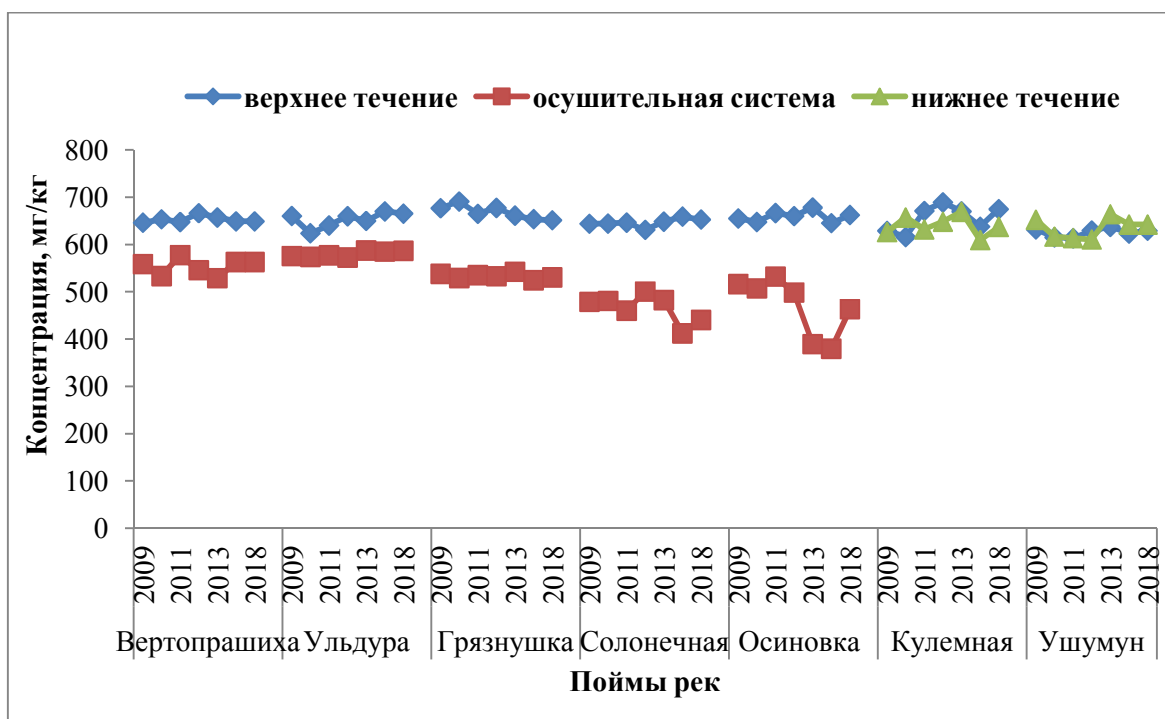


Рисунок 7 – Валовые концентрации марганца в пойменных почвах

Содержание Mn в исследуемых почвах находится в пределах 600 – 700 мг/кг, что в 1,5 раза ниже среднего кларкового показателя для почв России. Количество валовых форм марганца в почве зависит от ряда условий (уровня увлажнения, типа растительности, типов и доз вносимых удобрений, реакции почвенной среды) (Клышевская, 2010).

Снижение концентраций марганца в пойменных почвах рек Солонечная и Осиновка прослеживается в период наводнения 2013 г. Была установлена прямая корреляционная зависимость ($r = 0,6$) между содержанием валовых форм марганца и изменением величины pH почв, а также ($r = 0,7$) содержанием гумуса для пойменных почв рек Солонечная и Осиновка в период наводнения 2013 г.

В почве **цинк** (рисунок 8) мигрирует в различной форме: обменной, в виде растворимых в воде солей, органического вещества и в составе кристаллической решетки (Ковда, 1985; Brummer, 1985). Поскольку растения не используют Zn, входящий в состав минералов почвы, то основными формами его поглощения являются обменная и водорастворимая (Протасова, Щербаков, 2003). Доступность цинка

растениям резко снижается с увеличением содержания в почвах кальция и фосфорных соединений, поскольку фосфаты образуют с цинком труднодоступные для растений соединения. Концентрации цинка в незагрязненных почвах варьирует в очень большом диапазоне – 10–300 мг/кг, при этом кларк этого элемента по А.П. Виноградову равен 50 мг/кг (Виноградов, 1957).

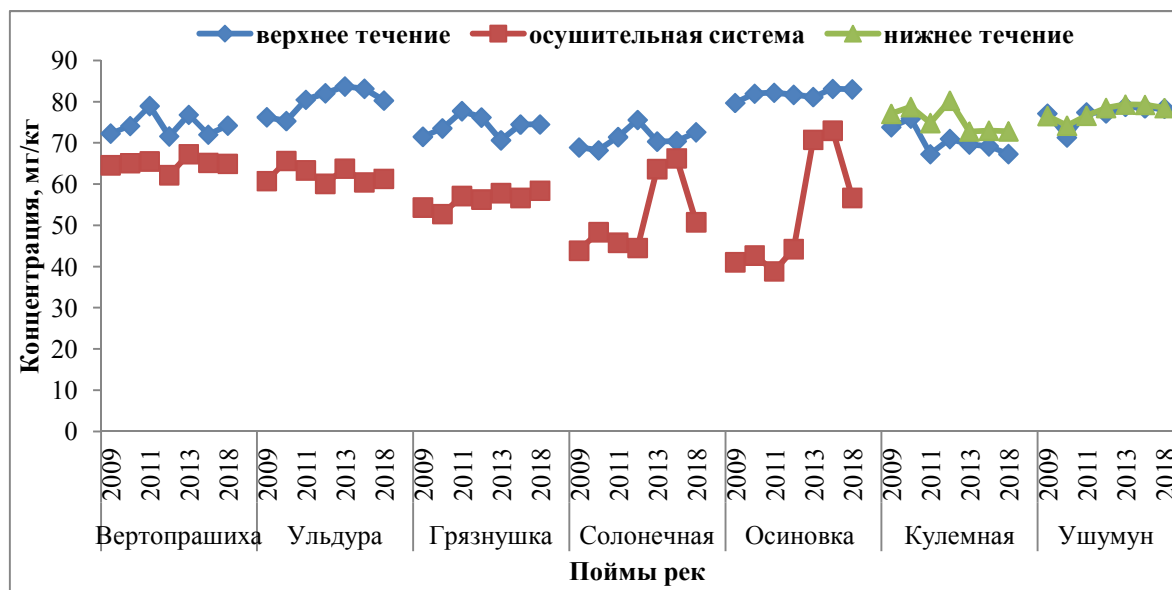


Рисунок 8 – Валовые концентрации цинка в пойменных почвах

В пойменных почвах, не подверженных влиянию осушения, концентрации цинка составляли 70–80 мг/кг. В осушенных пойменных почвах содержание цинка в 1,5–2 раза снижается. Максимальное содержание валового цинка (рисунок 8) наблюдалось в 2013–2014 гг. – 75,5 мг/кг на осушительных системах пойменных почв рек Солонечная и Осиновка, что в 2 раза больше, чем на других сравниваемых участках. Именно в это время отмечалось максимальное количество выпавших атмосферных осадков – более 900 мм, то есть примерно в 3,5 раза выше месячной нормы. Одной из возможных причин увеличения содержания цинка в почвах является высвобождение из фосфатных и калийных удобрений вследствие изменения рН среды в период катастрофического наводнения.

С гумусом этот элемент образует устойчивые соединения. Адсорбция цинка почвой зависит от рН. В щелочной среде цинк адсорбируется по механизму хемосорбции, а в кислой среде происходит катионо-обменное поглощение. При повышенной кислотности возрастает доля валового цинка (Ладонин, Марголина, 1997). Наиболее полно цинк адсорбируется оксидами железа. Кислая реакция почвенного раствора способствует возрастанию подвижности цинка, что обуславливает более высокие концентрации (Горбылева и др.), таким образом, в пойменных почвах, не подверженных влиянию осушения, концентрации цинка выше, чем в осушенных почвах. В наших исследованиях была установлена прямая корреляционная зависимость ($r=0,7$) между содержанием цинка и изменением величины рН среды для пойменных почв р. Солонечная и р. Осиновка.

Свинец. В почве свинец мигрирует преимущественно в бикарбонатной форме, а также в органических комплексах. Естественное содержание свинца в почве наследуется от материнских пород. Однако из-за широкого масштабного загрязнения свинцом большинство почв, по-видимому, обогащено этим элементом, особенно их поверхностные почвенные горизонты 0–20 см. В литературе имеется большое число данных о содержании свинца в почве, однако, иногда трудно отделить данные, характеризующие фоновые уровни свинца в почвах, от данных связанных с загрязнением поверхностного слоя почв (Приходько, 1977; Lukowski, Wiater, 2016). По данным наших исследований (рисунок 9) концентрация свинца в пойменных почвах выше района проведения осушительных работ находится в пределах 23–25 мг/кг.

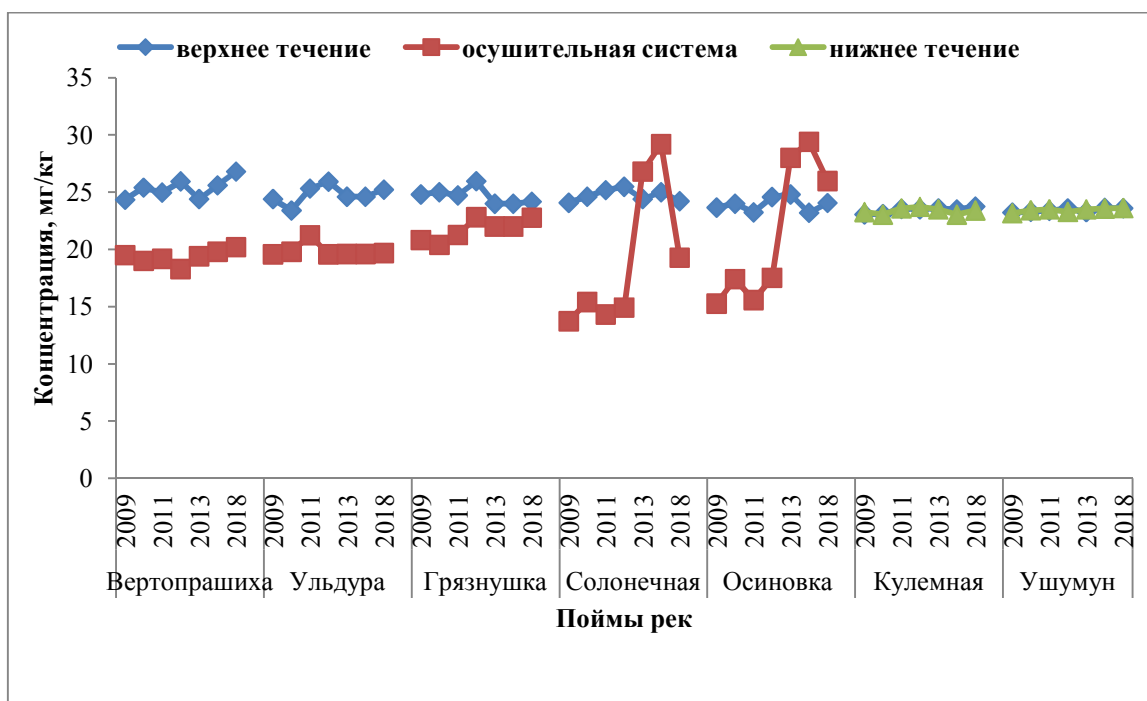


Рисунок 9 – Валовые концентрации свинца в пойменных почвах

В почвах, отобранных в районах осушительной мелиорации, прослеживается снижение концентраций свинца по отношению к неосушенным. В период промывного типа водного режима 2013–2014 гг. наблюдается некоторая подвижность свинца вследствие выпадения большого количества атмосферных осадков, была установлена корреляционная зависимость ($r=0,6$) между содержанием валовых форм свинца в пахотном горизонте и изменением величины рН среды, а также ($r=0,7$) объемом выпавших атмосферных осадков для пойменных почв рек Солонечная и Осиновка подверженных влиянию мелиорирования.

Прочная связь Pb с органическим веществом объясняется его сродством с гуматами. В отличие от ряда других ТМ, которые в почвах больше ассоциируются с подвижными фульвокислотами, свинец преимущественно закрепляется более стабильными гуматами (Manceau et al., 1996; Morin et al., 2003; Manceau et al., 2005). Сродство со структурой гуминовых кислот отличает свинец от других ТМ. Свинец приоритетно сорбируется и алюмосиликатными гелями: поглощается

ими в гораздо большем количестве, чем Cu, Zn, Co, Ni (Савенко, Савенко, 2009).

Медь представляет собой один из наименее подвижных в почве микроэлементов (рисунок 10). Ее подвижность в почве и доступность растениям во многом зависят от процессов адсорбции и комплексообразования. Наибольшие количества меди адсорбируют оксиды железа и марганца (гематит, гётит, бернессит), аморфные гидроксиды железа и алюминия, глинистые минералы (монтмориллонит, вермикулит, и моголит).

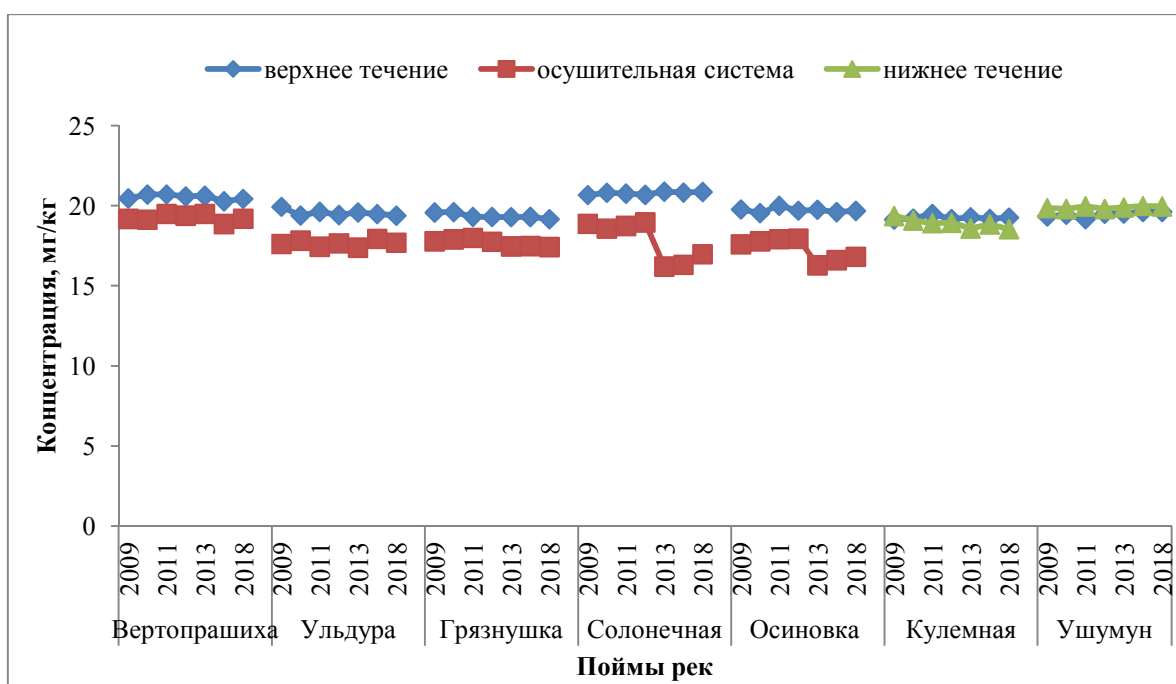


Рисунок 10 – Валовые концентрации меди в пойменных почвах

Практически все минералы почв способны адсорбировать ионы меди. Адсорбция зависит от заряда поверхности адсорбента, который строго контролируется величиной pH среды (Diatta, 2008). Основным источником поступления соединений меди в почвы является использование фунгицидов (хлорокись меди, медный купорос, бордоская жидкость и др.) в сельскохозяйственном производстве (Линник и др., 1986). Высокая степень закомплексованности меди с органическим веществом (90% от валового содержания) обусловлено,

прежде всего, химическими свойствами этого элемента как сильного комплексообразователя (Линник, 1984).

На осушительных системах концентрации валовых форм меди по сравнению с фоном снижаются, при этом наименьшие концентрации меди в период катастрофического наводнения 2013 г. в почвах рек Солонечная и Осиновка. Так же как и для свинца была установлена корреляционная зависимость ($r=0,7$) между содержанием валовых форм свинца и изменением величины рН среды, а также ($r=0,6$) объемом выпавших атмосферных осадков для пойменных почв рек Солонечная и Осиновка, подверженных влиянию мелиорирования.

Никель. Содержание никеля в почвах в основном зависит от насыщенности этим элементом почвообразующих пород (рисунок 11).

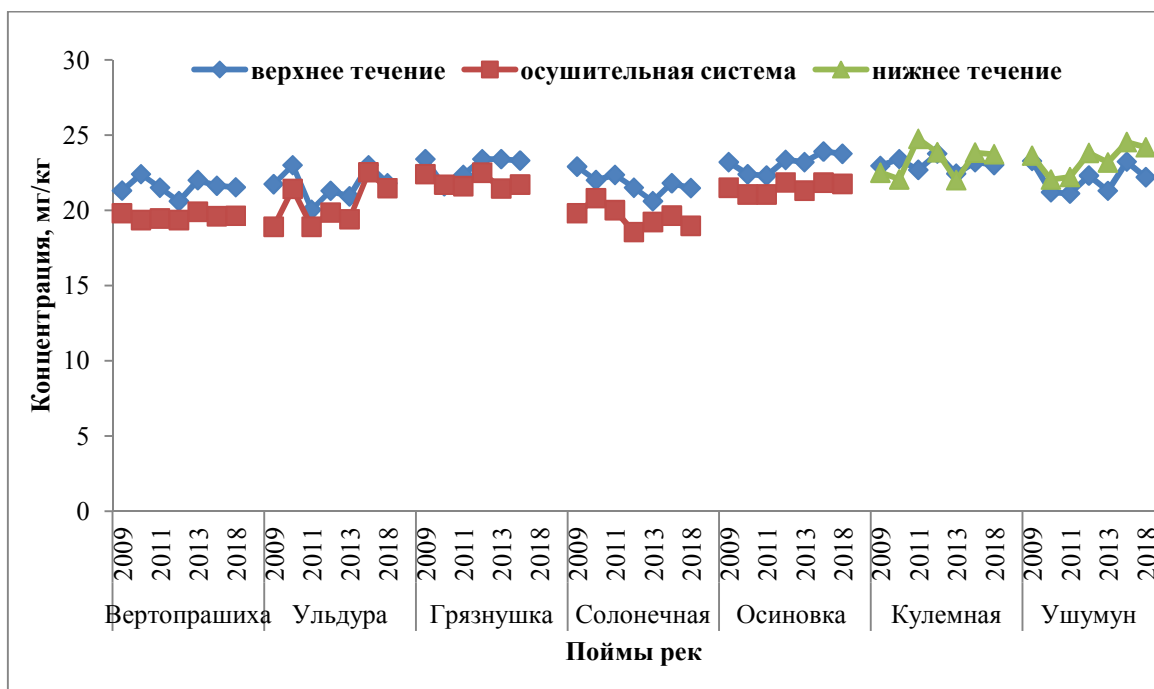


Рисунок 11 – Валовые концентрации никеля в пойменных почвах

Однако часто уровень никеля в почвах связан с масштабами техногенного загрязнения (Кабата-Пендиас, Пендиас 1989). Уровень ПДК никеля в почвах соответствует значению 85 мг/кг (Гомонова, 2000).

Одним из источников поступления никеля в почвы сельскохозяйственных угодий является систематическое внесение фосфорных удобрений (Эдельштейн, 1997).

По всей территории исследования отмечено довольно равномерное распределение никеля в пойменных почвах, среднее содержание – 24,3 мг/кг. Можно предположить, что длительное проведение осушительных работ и применение различных удобрений оказывало слабое влияние на содержание валового никеля в почве.

3.1.4 Суммарная оценка влияния осушительной мелиорации на качество пойменных почв по содержанию тяжелых металлов

Для суммарной оценки влияния осушительной мелиорации на качество пойменных почв по содержанию тяжелых металлов был применен расчет комплексного показателя $Z_{ст}$ с учетом коэффициентов токсичности и среднего геометрического коэффициентов концентрации тяжелых металлов (Водяницкий, 2010) (рисунок 12).

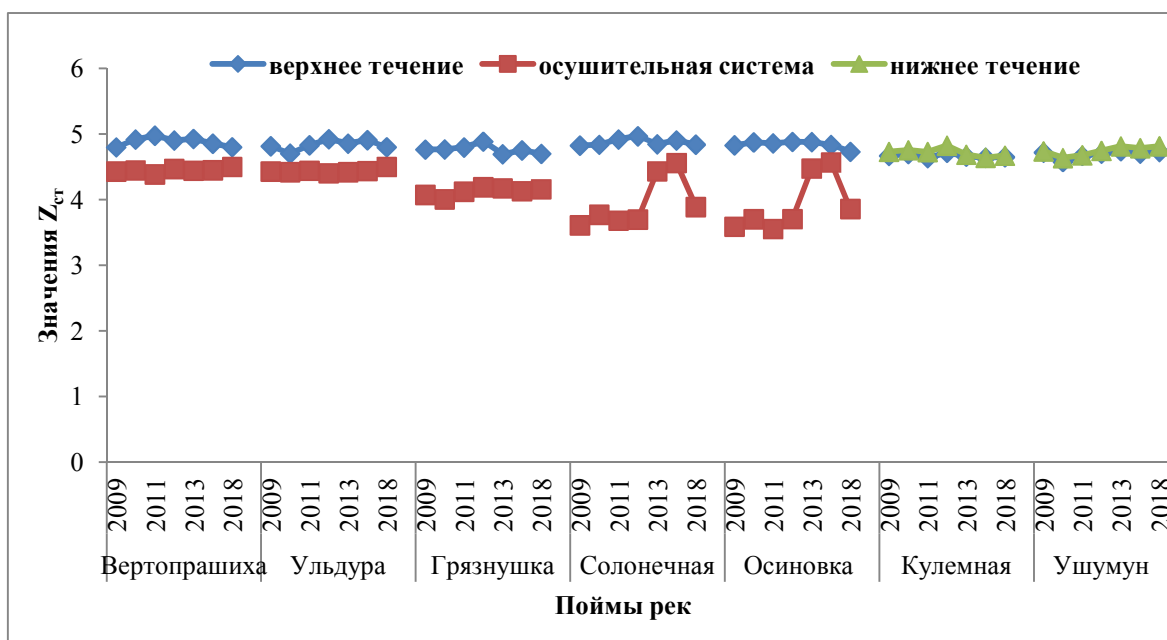


Рисунок 12 – Суммарные коэффициенты загрязнения ($Z_{ст}$) пойменных почв тяжелыми металлами

Суммарный коэффициент загрязнения пойменных почв тяжелыми металлами показывает, что осушительная мелиорация положительно влияет на состояние почв и приводит к небольшому снижению концентраций ТМ. По величине $Z_{ст}$ (рисунок 12) 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 пойменных почвах рек Солонечная и Осиновка в период наводнения происходит рост значений $Z_{ст}$, что связано с увеличением концентраций таких ТМ как цинк и свинец, которые поступают в почву с пестицидами и удобрениями.

Таким образом, при проведении осушительной мелиорации в пойменных почвах создаются условия улучшенной аэрации, приводящей к снижению содержания гумуса и изменению рН от кислой к нейтральной реакции среды. Все эти процессы приводят к снижению концентраций ТМ по сравнению с пойменными почвами, где осушения нет.

Осушительная мелиорация практически никак не повлияла на изменение концентраций никеля и меди в пойменных почвах.

В период обильного выпадения атмосферных осадков (2013–2014 гг.) в поймах рек Солонечная и Осиновка концентрации свинца и цинка увеличиваются, а марганца, меди снижаются (Зубарев, 2014).

На основе вышесказанного следует, что осушительная сельскохозяйственная мелиорация оказывает непосредственное действие на пойменные почвы, при этом с позиции содержания ТМ оно может быть положительное. В осушенных поймах содержание ТМ снижается, а далее они поступают в поверхностные воды, поэтому, далее нами

рассмотрено влияние осушения на изменение процессов транзита-аккумуляции в поверхностных водах.

3.2 Влияние осушительной мелиорации на изменение качества поверхностных вод

3.2.1 Результаты гидрохимических исследований малых рек

Гидрохимическая составляющая состояния природных вод является одной из основных и первостепенно значимых в сложном механизме постоянно меняющихся внешних условий на водосборе и протекающих внутриводоемных процессов (Юранец-Лужаева и др., 2014). В соответствии с целью работы и поставленными задачами среди гидрохимических показателей для оценки были исследованы наиболее приоритетные параметры состояния водных экосистем, которые информативно отражают ход и интенсивность изучаемых процессов.

Таблица 2 – Гидрохимические показатели малых рек, в районах мелиорационных работ, 2014–2018 гг.

	Место отбора проб		
	Верхнее течение	Осушительный канал	Нижнее течение
t, °C	$\frac{16,1-18,4}{17,5}$	$\frac{20,0-23,1}{22}$	$\frac{17,3-21,9}{20}$
O ₂ , мгО ₂ /дм ³	$\frac{8,4-11,8}{9,8}$	$\frac{5,5-8,1}{6,7}$	$\frac{7,6-9,2}{8,1}$
pH., ед.	$\frac{6,1-6,7}{6,3}$	$\frac{7,4-8,5}{7,8}$	$\frac{6,1-8,0}{6,5}$

Примечание: Числитель: первая цифра – минимальное значение, вторая – максимальное, знаменатель – среднее.

По химическому составу рассматриваемые воды следует отнести к гидрокарбонатному классу, группе кальция (Кулаков, 2011).

Температура воды малых рек во многом определяет характер и интенсивность процессов транзита-аккумуляции ТМ в водных объектах (рисунок 13). В период исследований наблюдалась синхронность изменения температур в межгодовом цикле для вод осушительной системы и водоприемника, предельные значения в последнем характеризовались более низкими величинами.

Как показано на рисунке 13, наименьшие температуры от +15°C до +16°C были характерны для рек Вертопрашиха и Солонечная, берущих свои начала с горного массива. Температура воды в осушительном канале отличалась еще большими значениями от +19°C до +20°C. Сильное прогревание воды в осушительной системе способствовало бурному развитию фитопланктонных организмов и высшей водной растительности. Анализ распределения температур по продольному профилю реки показал, что участки рек ниже сбросов с осушительных систем имеют более высокие значения температур (на +0,5°C – +2°C), чем в начале поймы (верхнее течение), достигая в период прогревания от +19°C до +20°C.

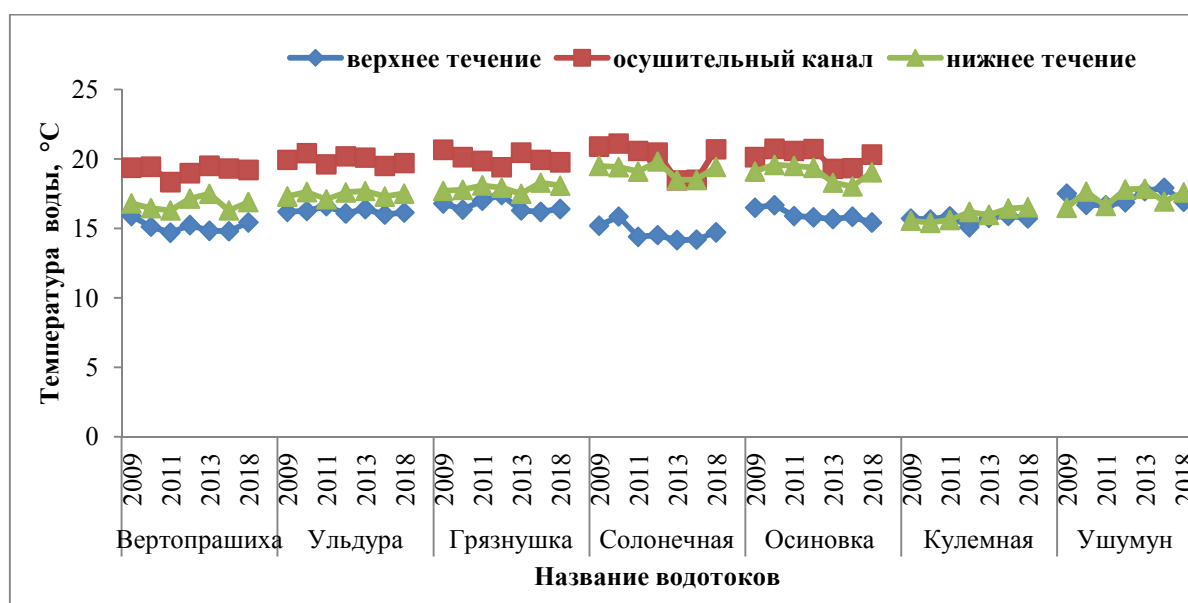


Рисунок 13 – Температура воды малых рек

Наибольшие изменения температур воды в нижних течениях (сбросов с осушительных систем), по отношению к верхним участкам рек, прослеживаются для р. Солонечная и р. Осиновка, примерно на $+4^{\circ}\text{C}$ – $+5^{\circ}\text{C}$. Таким образом, осушительным каналам характерны более высокие температуры воды, что может повлиять на увеличение миграционной способности ТМ.

Значение pH воды имеет немалое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. Она определяет состояние и подвижность многих элементов в водной экосистеме, изменяет степень токсичности загрязняющих веществ, а также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов.



Рисунок 14 – Кислотность воды малых рек

Щелочно-кислотные условия, характеризующиеся величиной pH, формируются в зависимости от ландшафтных условий водосборного бассейна, климатических и геологических факторов (Uddin, Alam, 2014). Величина pH влияет на интенсивность миграции ТМ, развитие и

жизнедеятельность водных растений. Среднее значение показателя рН воды малых рек выше района проведения осушительной мелиорации составляет 6,48 ед. рН. В районах ниже проведения осушительной мелиорации водородный показатель в период наблюдений изменялся в пределах 6,9–8,0, в период наводнения 2013 г. в р. Солонечная значение рН составляло 8,5. Таким образом, реакция вод изменялась от слабокислой до слабощелочной.

Кислородный режим воды рек является одним из индикаторов подвижности биогенных элементов и ТМ в водной системе (Кузьмина, 2007). Концентрация растворенного в воде кислорода определяет величину окислительно-восстановительного потенциала и в значительной мере направление и скорость процессов биологического, биохимического и химического окисления органических и ряда неорганических соединений.

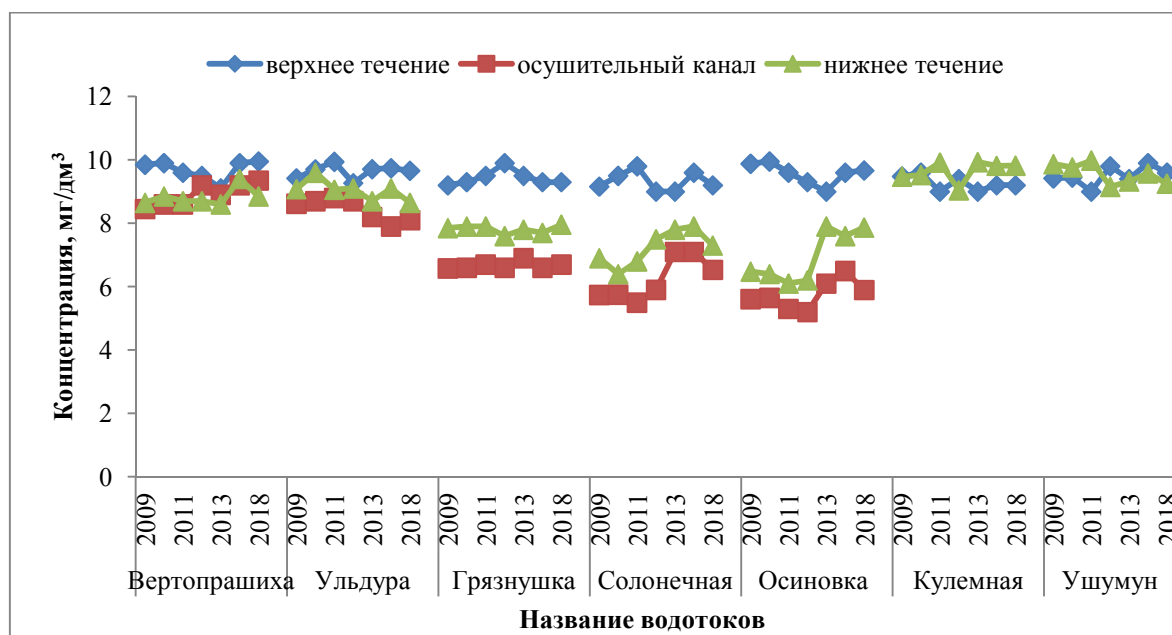


Рисунок 15 – Концентрации растворенного кислорода в воде малых рек

Кислородный режим поверхностных вод верхних участков рек, а также нижних течений рек Кулемная и Ушумун, в период исследований был в пределах 9,5–10,2 мгО₂/дм³, при среднем значении – 9 мгО₂/дм³. В водах осушительного канала прослеживается снижение содержания О₂.

Данная тенденция согласуется с известным правилом Вант-Гофа – при повышении температуры воды падает концентрация растворенного кислорода, что приводит к повышению процессов транзита-аккумуляции многих соединений органического и неорганического происхождения (Baham, Ball, Sposito, 1978.). В поверхностных водах рек Солонечная и Осиновка (место впадения осушительного канала и нижних течений) зафиксировано пониженное содержание кислорода 5,5–6 мг/дм³. При этом вода данных 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 мг/дм³. Пониженные концентрации O₂ в воде нижних участков рек Солонечная и Осиновка можно оценить как неблагоприятный факт для состояния водотоков, поскольку в условиях дефицита O₂ происходит смена окислительных условий на восстановительные. Это приводит к усилению мобилизации ТМ из донных отложений в воду и включение их в круговорот.

Таким образом, химический состав дренажных вод, сбрасываемых в реки с осушаемого массива с помощью коллекторно-дренажной системы, изменяет химический состав поверхностных вод малых рек. Сбросные воды отличаются плохими физическими показателями качества (обладают ржавым цветом и болотным запахом), повышенным водородным показателем (до 8,1). Происходит замена естественного химического состава вод другим, не характерным для данного водотока, что может привести к изменению процессов транзита-аккумуляции ТМ.

3.2.2. Органическое вещество воды малых рек

Одним из показателей суммарного содержания органических веществ в природных водах является количество общего органического углерода. Его состав и содержание определяются совокупностью многих различных по своей природе и скорости процессов.

Органические соединения, особенно фульвокислоты, могут привести к повышению геохимической подвижности различных металлов и их соединений за счет реакций ионного обмена, комплексообразования и стабилизирующего действия на коллоидные растворы, что способствует увеличению содержания водорастворимых форм ТМ (Dinu, 2010). Концентрации общего органического углерода в фоновых точках составляют 3,5–8,43 мгС/дм³; в исследуемых точках его концентрации примерно в 1,5 раз больше (таблица 3).

Органический углерод находится, в основном, в растворенном виде – от 2 до 10 мгС/дм³ (92%), и незначительно – виде взвешенных частиц (не больше 1 мгС/дм³).

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.

Таблица 3 – Содержание органического углерода, гуминовых и фульвокислот в воде малых рек (2012, 2014гг.)

Водотоки	Точки отбора проб	Органический углерод, мгС/дм ³			Кислоты, мгС/дм ³	
		С _{общ}	С ^P	С ^B	гуминовые	фульво
Вертопрашиха	Верхнее течение	<u>2,98</u>	<u>2,87</u>	<u>0,11</u>	<u>0,18</u>	<u>1,27</u>
		3,15	3,02	0,13	0,21	1,51
	Нижнее течение	<u>3,42</u>	<u>3,21</u>	<u>0,21</u>	<u>0,30</u>	<u>2,31</u>
Ульдура	Верхнее течение	<u>4,07</u>	<u>3,82</u>	<u>0,25</u>	<u>0,36</u>	<u>2,75</u>
		5,36	4,80	0,56	0,35	4,53
	Осушительный канал	<u>6,38</u>	<u>4,80</u>	<u>0,56</u>	<u>0,35</u>	<u>4,53</u>
Грязнушка	Верхнее течение	<u>6,38</u>	<u>5,85</u>	<u>0,53</u>	<u>0,42</u>	<u>5,39</u>
		3,05	2,96	0,08	0,21	1,46
	Нижнее течение	<u>3,16</u>	<u>3,06</u>	<u>0,10</u>	<u>0,25</u>	<u>1,75</u>
Солонечная	Верхнее течение	<u>7,41</u>	<u>6,72</u>	<u>0,69</u>	<u>0,45</u>	<u>3,46</u>
		8,89	8,06	0,83	0,54	4,15
	Осушительный канал	<u>9,26</u>	<u>8,27</u>	<u>0,99</u>	<u>0,51</u>	<u>5,69</u>
Осиновка	Верхнее течение	<u>11,11</u>	<u>10,20</u>	<u>0,91</u>	<u>0,61</u>	<u>6,83</u>
		3,43	3,32	0,11	0,17	1,20
	Нижнее течение	<u>3,61</u>	<u>3,47</u>	<u>0,13</u>	<u>0,20</u>	<u>1,44</u>
Ушумун	Верхнее течение	<u>9,19</u>	<u>9,13</u>	<u>0,06</u>	<u>0,27</u>	<u>3,82</u>
		11,03	10,96	0,07	0,32	4,58
	Осушительный канал	<u>10,69</u>	<u>10,36</u>	<u>0,33</u>	<u>0,36</u>	<u>6,96</u>
Кулемная	Верхнее течение	<u>12,83</u>	<u>12,32</u>	<u>0,51</u>	<u>0,43</u>	<u>8,35</u>
		5,43	5,20	0,23	0,28	1,96
	Нижнее течение	<u>5,88</u>	<u>5,50</u>	<u>0,38</u>	<u>0,46</u>	<u>3,20</u>
Ушумун	Верхнее течение	<u>10,67</u>	<u>10,21</u>	<u>0,46</u>	<u>0,34</u>	<u>4,21</u>
		17,45	16,69	0,75	0,56	6,88
	Осушительный канал	<u>16,96</u>	<u>16,03</u>	<u>0,93</u>	<u>0,69</u>	<u>6,96</u>
Ушумун	Верхнее течение	<u>27,73</u>	<u>25,81</u>	<u>1,92</u>	<u>1,13</u>	<u>11,38</u>
		4,73	4,16	0,57	0,16	1,22
	Нижнее течение	<u>5,13</u>	<u>4,80</u>	<u>0,33</u>	<u>0,26</u>	<u>1,99</u>
Ушумун	Верхнее течение	<u>11,29</u>	<u>11,06</u>	<u>0,23</u>	<u>0,27</u>	<u>4,41</u>
		18,46	18,08	0,38	0,44	7,21
	Осушительный канал	<u>18,63</u>	<u>17,30</u>	<u>0,39</u>	<u>0,36</u>	<u>7,50</u>
Ушумун	Верхнее течение	<u>30,46</u>	<u>29,52</u>	<u>0,94</u>	<u>0,59</u>	<u>12,26</u>
		4,56	4,44	0,12	0,23	1,15
	Нижнее течение	<u>5,47</u>	<u>5,33</u>	<u>0,14</u>	<u>0,28</u>	<u>1,38</u>
Ушумун	Верхнее течение	<u>5,55</u>	<u>5,44</u>	<u>0,11</u>	<u>0,26</u>	<u>1,12</u>
		6,66	6,53	0,13	0,31	1,34
	Осушительный канал	<u>6,66</u>	<u>6,53</u>	<u>0,13</u>	<u>0,31</u>	<u>1,34</u>
Кулемная	Верхнее течение	<u>4,66</u>	<u>4,43</u>	<u>0,23</u>	<u>0,32</u>	<u>1,15</u>
		5,59	5,32	0,28	0,38	1,38
	Нижнее течение	<u>5,63</u>	<u>5,51</u>	<u>0,12</u>	<u>0,36</u>	<u>1,23</u>
Кулемная	Верхнее течение	<u>6,76</u>	<u>6,61</u>	<u>0,14</u>	<u>0,43</u>	<u>1,48</u>
		4,66	4,43	0,23	0,32	1,15
	Нижнее течение	<u>5,59</u>	<u>5,32</u>	<u>0,28</u>	<u>0,38</u>	<u>1,38</u>

Примечание: числитель – 2012 г, знаменатель – 2014г.

3.2.3. Содержание взвешенных веществ в поверхностных водах

В водных экосистемах, как сложных природных комплексах, включающих в себя собственно воду, взвешенные вещества, донные отложения и гидробионты, концентрация металлов обусловлена рядом физико-химических факторов, например, температурой, давлением, Eh и pH потенциалами, концентрацией и свойствами сорбентов и лигандов (Давыдова и др., 2009), в качестве последних могут выступать взвешенные и органические вещества, поступающие в водотоки при дренировании почвенных горизонтов мелиорационными системами.

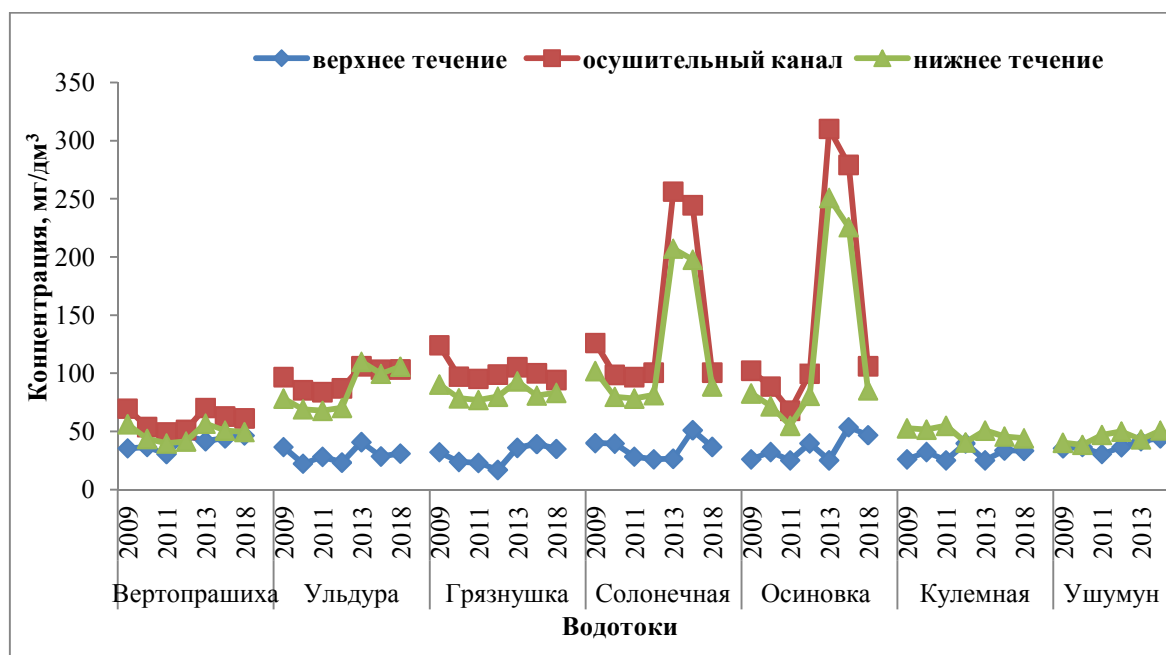


Рисунок 16 – Содержание взвешенных веществ в воде малых рек

Транзит взвешенных веществ (ВВ) из пойменных почв зависит от ее проницаемости, механического состава, содержания гумуса, глинистых веществ, частиц пылевидных фракций и др., а также от площади мелиорирования в пределах водосбора и скорости их смыва с поверхностного горизонта как атмосферными осадками, так и под действием дренажных вод. В 2013 г. в точках отбора проб ниже района проведения мелиорации в реках Ульдура и Грязнушка среднее

содержание ВВ, по сравнению с верхним течением, увеличилось в 1,5 раза; в реках Осиновка и Солонечная в 3,3 раза (рисунок 16). Следовательно, затопление пойм приводит к увеличению количества ВВ в водоемах примерно в 1,5–2 раза, что превышает требования к составу и свойствам воды водных объектов хозяйственно-питьевого назначения, по которым концентрация ВВ не должна увеличиваться более чем на 0,25 мг/дм³ по сравнению с фоновыми значениями (Зубарев, Коган, 2015).

3.2.4. Изменение скорости течения воды малых рек

Кроме того, на процессы транзита-аккумуляции поллютантов может оказать влияние изменение геоморфологических характеристик пойменно-русловых комплексов (Михайлов, 1991) и уменьшение скорости течения воды в водотоках в районах проведения мелиорационных работ примерно в 2 раза по сравнению с фоновыми точками (рисунок 17).

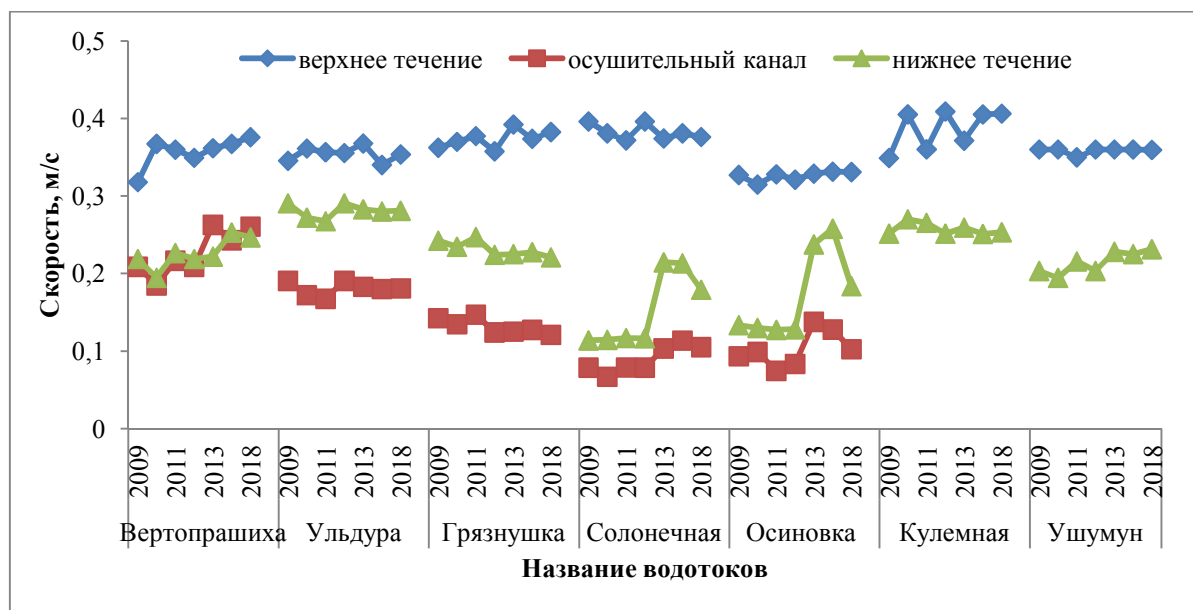


Рисунок 17 – Изменение скоростей течения воды в водотоках

Вследствие изменения морфометрических характеристик русел рек при строительстве осушительных систем наблюдается снижение скоростей течения воды на реках водоприемниках сбросных вод (Шкаликов, 1988).

Наименьшие скорости течения прослеживаются в реках Солонечная и Осиновка, в нижних течения которых скорости не могут восстановиться. По литературным данным (Ваганова и др., 2012), а также собственным полевым наблюдениям, снижение скорости течения реки до 0,1 м/с и увеличение поступления биогенных элементов и органических соединений в данных водотоках стимулировало зарастание русла, что могло привести к изменению условий функционирования всей экосистемы данных рек.

В период наводнения 2013 г. происходило поднятие уровня воды в реках, что способствовало к промыву русел рек и, как следствие, увеличение скоростей течения в водотоках, тем самым наводнение явилось природным саморегулятором, что привело к самоочищению некоторых водотоков.

Таким образом, на основании проведенных гидрохимических и гидрологических исследований показано, что под влиянием мелиоративной деятельности происходит усиленная миграция биогенных и органических веществ, которые ухудшают гидрохимические характеристики поверхностных вод, но и могут приводить к изменению процессов транзита-аккумуляции ТМ.

3.2.5 Изменение концентраций тяжелых металлов в воде малых рек

Антропогенная нагрузка на водные объекты диффузными источниками, связанными с сельскохозяйственным производством, может проявляться в изменении экологического состояния всех компонентов пойменно-русловых комплексов (Селезнева, 2003). Многочисленными исследованиями было показано, что ТМ при попадании в водотоки превращаются в более токсичные формы по сравнению с исходными (Смоляков, Жигула, 2001), но в первую очередь нас интересовали водорастворимые формы как наиболее доступные для гидробионтов и регламентируемые в водоемах различного назначения.

Исследования содержания ТМ в водном потоке позволяют оценить уровни загрязнения реки на различных ее участках, проследить пространственное распределение и выявить источники поступления ТМ в русловую сеть (Шулькин, 2009). Изучение растворенных форм металлов и их перераспределения в поверхностных водах представляет значительный интерес с теоретической и практической точки зрения, так как, с одной стороны, это дает возможность понять механизмы формирования состава воды и процессов, происходящих в водной среде, а с другой стороны, позволяет определить уровень загрязненности речной экосистемы (Чудаева и др., 2011).

Железо является типоморфным элементом природных вод Среднеамурской низменности (Левшина, 2012) (рисунок 18). Обусловлено это, главным образом, природными факторами, связанными с особенностями формирования состава вод. Железо весьма подвижно в восстановительной глеевой обстановке, возрастает его подвижность и с усилением кислотности, поэтому болотные воды отличаются повышенным содержанием этого элемента в виде

комплексов с солями гуминовых кислот (Чудаева, 2002; Шестеркин, 2012). Таким образом, причиной высоких концентраций Fe в речных водах округа является повсеместная заболоченность водосборных бассейнов (Суриц, 2009).

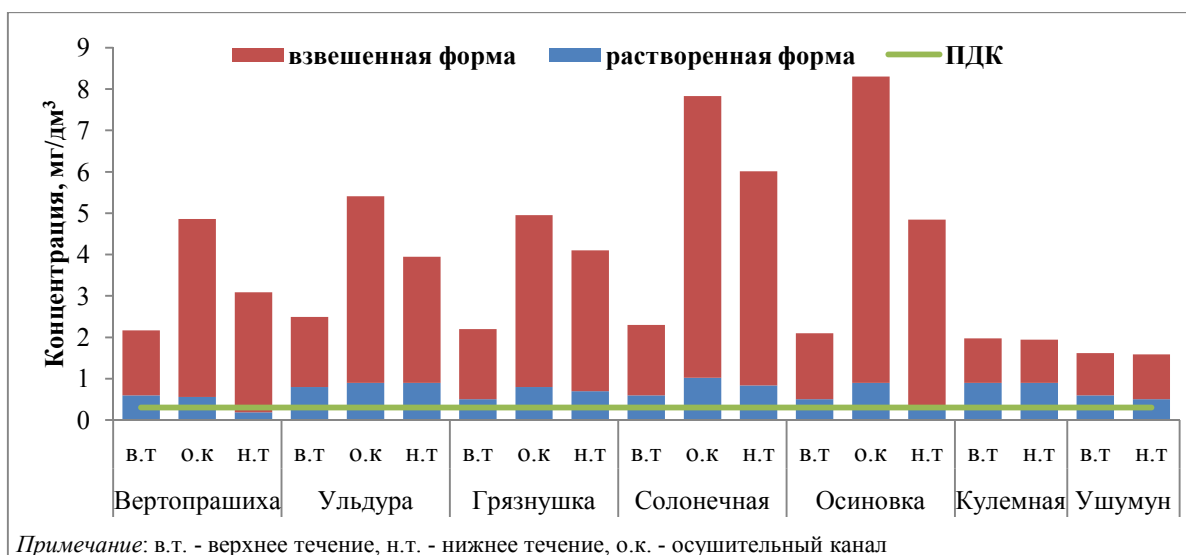


Рисунок 18 – Средние концентрации железа в поверхностных водах, 2009–2018 гг.

На основе данных Дж. Вуд (Wood, 1974) железо относится к нетоксичным металлам. Содержание железа в воде выше 1–2 мг/л значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей неприятный вяжущий вкус, и делает воду малопригодной для использования в технических целях. ПДК железа составляет 0,3 мг/дм³ (лимитирующий показатель вредности органолептический), ПДК_{вр} для железа – 0,1 мг/дм³.

Пространственное изменение концентраций железа показано на рисунке 18. Во всех исследуемых образцах воды валовое железо на 70–80% мигрирует во взвешенной форме, и около 20–30% приходится на растворенные формы. В поверхностных водах, отобранных выше района проведения осушения, содержание Fe варьирует от 1,5 до 2,5 мг/дм³, причем его количество значительно возрастает в мелиоративных каналах. Концентрации Fe в реках Ушумун и Кулемная, не

подверженных осушению, в верхнем и нижнем течении практически одинаково. Наличие на территории области достаточно крупного железорудного района обусловило повышенное содержание железа (ПДК Fe для речных вод 0,3 мг/дм³) в поверхностных водах, выше района проведения осушительных мелиораций, примерно в 3–5 ПДК. Высокое содержание железа прослеживается в воде дренажных каналов. При проведении осушительных работ создаются условия улучшенной аэрации, что связано с процессами выщелачивания из почв этого элемента из нижележащих горизонтов.

В поверхностных водах чаще встречаются соединения трехвалентного Fe (III), как термодинамически более устойчивые (таблица 4). Двухвалентное Fe (II) обнаруживается в основном в водах с низким значением Eh (Линник, 1986).

Таблица 4 – Процентное соотношение гидратированных форм Fe³⁺ в пробах речных вод

Форма металла	Точки отбора проб			
	Выше района мелиорации		Ниже района мелиорации	
	Годы			
	2009–2012	2013–2014	2009–2012	2013–2014
	Интервалы pH, ед.			
	5,0–5,9	6,0–6,9	7,0–7,9	8,0–8,9
	Мольные доли гидроксидов находящиеся в равновесии с тяжелым металлом, %			
(Fe(OH)) ²⁺	0	0	0	2
(Fe(OH) ₂) ⁺	93	67	17	3
(Fe(OH) ₃) ⁰	7	33	83	95

Как показано в таблице 4 в верхних течениях рек 2009–2012 гг. ионы трехвалентного железа могут мигрировать в основном в виде легкорастворимого комплекса (Fe(OH)₂)⁺ и менее 10% приходится на (Fe(OH)₃)⁰. Под влиянием осушительной мелиорации происходит сдвиг pH, что приводит к перераспределению гидратированных форм Fe (III),

более 80% Fe^{3+} мигрирует в виде трудно растворимого комплекса $(Fe(OH)_3)^0$.

Марганец, так же как и железо, является типоморфным элементом природных вод Среднеамурской низменности, его высокие концентрации связаны в основном с процессами выщелачивания железомарганцевых руд. ПДК марганца для водоёмов – 0,1 мг/л. Марганец принадлежит к распространенным элементам, составляя 0,1 % (по массе) земной коры. Велика роль марганца в процессах жизнеобеспечения, так как он принадлежит к числу важнейших питательных элементов (Чудаева, Шестеркин, Чудаев, 2011). В поверхностные воды марганец поступает в результате выщелачивания железомарганцевых руд и других минералов, содержащих марганец (пирролюзит, псиломелан, манганит, черная охра). Значительные количества марганца поступают в процессе разложения водных животных и растительных организмов, особенно сине-зеленых и диатомовых водорослей, а также высших водных растений.

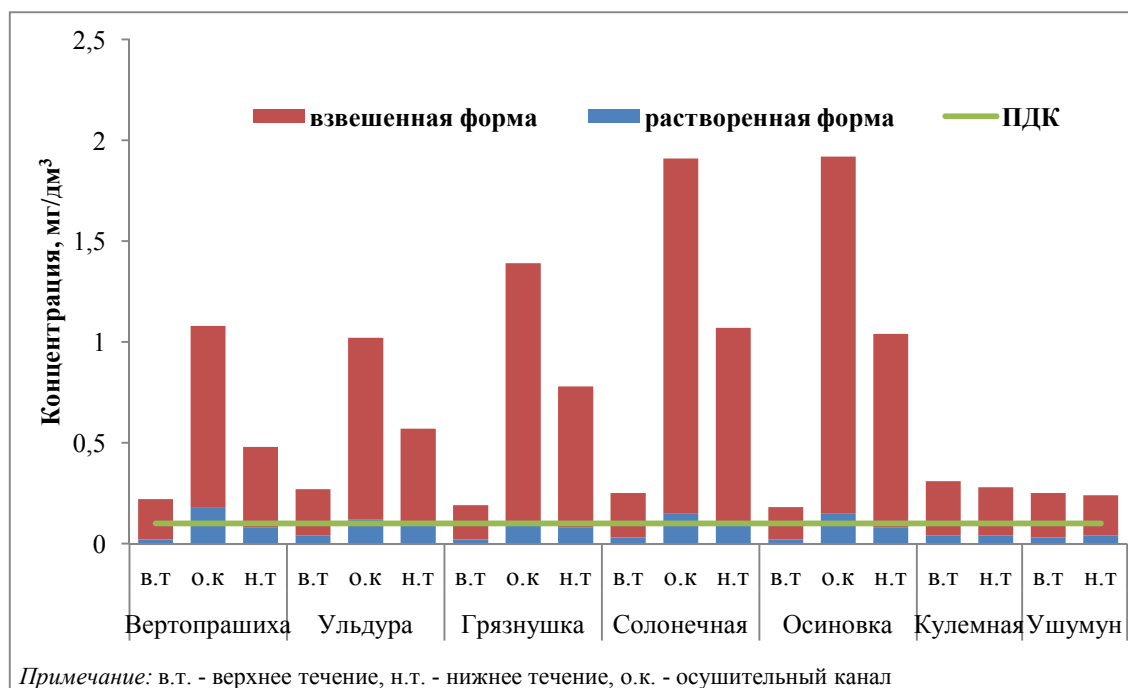


Рисунок 19 – Средние концентрации марганца в поверхностных водах, 2009–2018 гг.

По результатам наших исследований минимальное содержание Mn в верхних течениях всех водотоков находится в пределах от 0,1 до 0,6 мг/дм³. Его пространственное распределение представлено на рисунке 19. Наибольшие концентрации прослеживаются для вод мелиоративных каналов 1,5–2,5 мг/дм³.

Миграция марганца в поверхностных водах происходит в основном во взвешенной форме и составляет до 80% суммарного содержания элемента в водотоке. Высокие концентрации марганца в мелиоративных каналах характерны для вод с большим содержанием органических веществ и преобладанием в их составе взвешенных глинистых частиц (Мартынова, 2012). В результате осаждения взвешенных веществ марганец способен накапливаться в донных отложениях в значительных количествах. В 2013 г. прослеживается снижение концентраций марганца, которые определяются различными факторами, например, разбавлением поверхностных вод при катастрофическом наводнении, осаждением его в донный осадок.

Устойчивость марганца (II), существующего в основном в виде гидратированных ионов, характеризуется довольно широкими пределами. Это вполне объяснимо, если учесть, что рН начала осаждения гидроксида Mn²⁺ при рН от 8,8, таким образом, во всех исследуемых Mn²⁺ мигрирует в виде свободного аквакомплекса.

Цинк. Основные источники поступления цинка в поверхностные воды – это процессы разрушения и растворения горных пород и минералов (сфалерит ZnS), сульфидных комплексных и железных руд. Общее содержание цинка в земной коре составляет приблизительно 0,01%. Цинк является биофильным элементом, его значимость для жизнедеятельности организмов сопоставима с железом и марганцем. Вместе с тем в высоких концентрациях он токсичен для водных организмов, особенно в комбинации с медью и другими элементами.

Как и медь, цинк относится к средне- и высокотоксичным элементам (Wood, 1974). В речных водах его концентрация колеблется в широких пределах – от нескольких микрограммов до десятков и реже сотен микрограммов в литре. ПДК_В Zn составляет 1 мг/дм³ (лимитирующий показатель вредности – органолептический).

Наиболее существенное влияние на поведение цинка в поверхностных водах оказывают гидролиз и комплексообразование (Богдановский, 1994). В воде малых рек, выше района проведения осушительной мелиорации, низкие концентрации цинка можно объяснить тем, что он присутствует в воде в форме, доступной для сорбции взвешенными веществами и растворенными органическими веществами. Прочность комплексов с гумусовыми веществами в значительной степени зависит от кислотности среды и увеличивается с возрастанием рН.

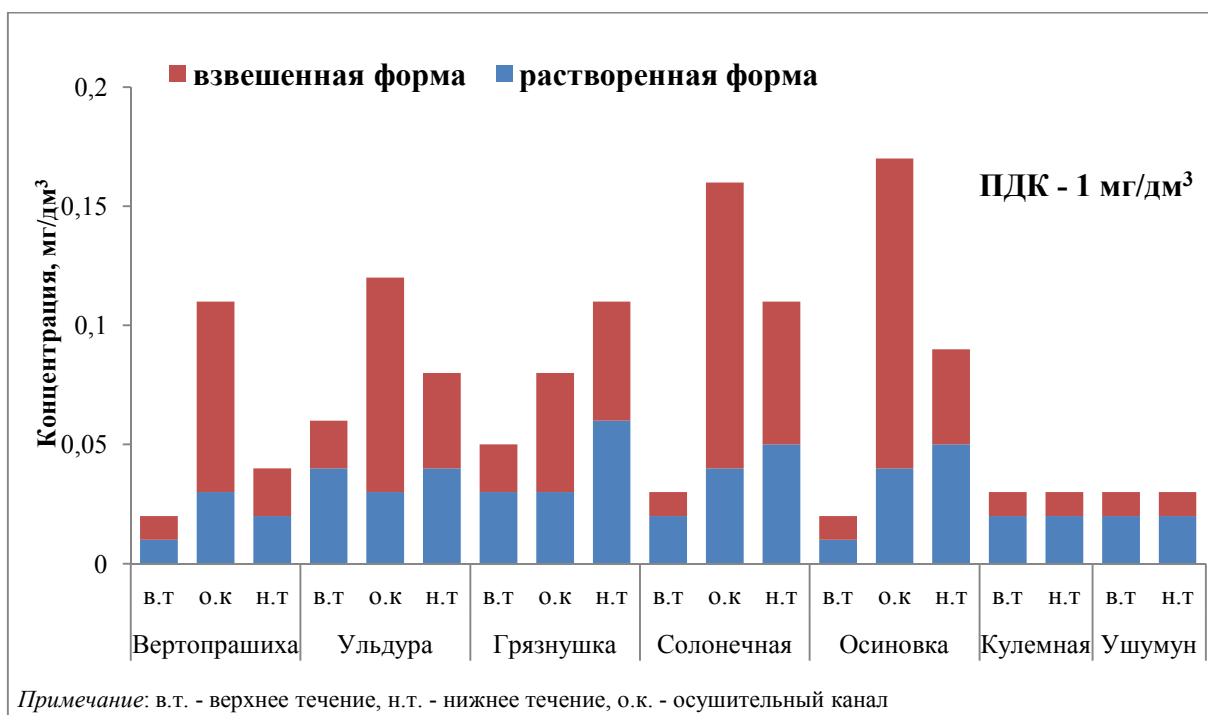


Рисунок 20 – Средние концентрации цинка в поверхностных водах, 2009–2018 гг.

В поверхностных водах, не подверженных влиянию осушения, имеющих реакцию среды 5–7 ед. рН, основной формой миграции Zn^{2+} в

воде является свободная форма. В нижних течениях рек (7,5 рН) 2009–2012 гг. Zn^{2+} мигрирует на 85% в виде свободной формы, а 15% приходится на легкорастворимую форму $Zn(OH)^+$. В период наводнения 2013–2014 гг. при изменении рН до 8, соотношение гидратированных форм цинка меняется: 10% – Zn^{2+} ; 60% – $(Zn(OH))^+$ и 30% – трудно растворимая форма $(Zn(OH)_3)^0$. Таким образом, под влиянием осушения происходит изменение рН воды в сторону слабощелочной реакции среды, что способствует увеличению концентрации наиболее токсичных аквакомплексов и образованию трудно растворимых гидроксидов некоторых ТМ, которые оказывают вредное воздействие на мальков рыб, осажаясь на жабрах, что значительно ухудшает эколого-токсикологическое состояние водотоков (Зубарев, 2015).

Свинец относится к I классу опасности (рисунок 21). Особенности его нахождения в природных водах и миграция объясняются тем, что он сравнительно легко вступает в реакции с водными примесями, образуя малорастворимые соединения.

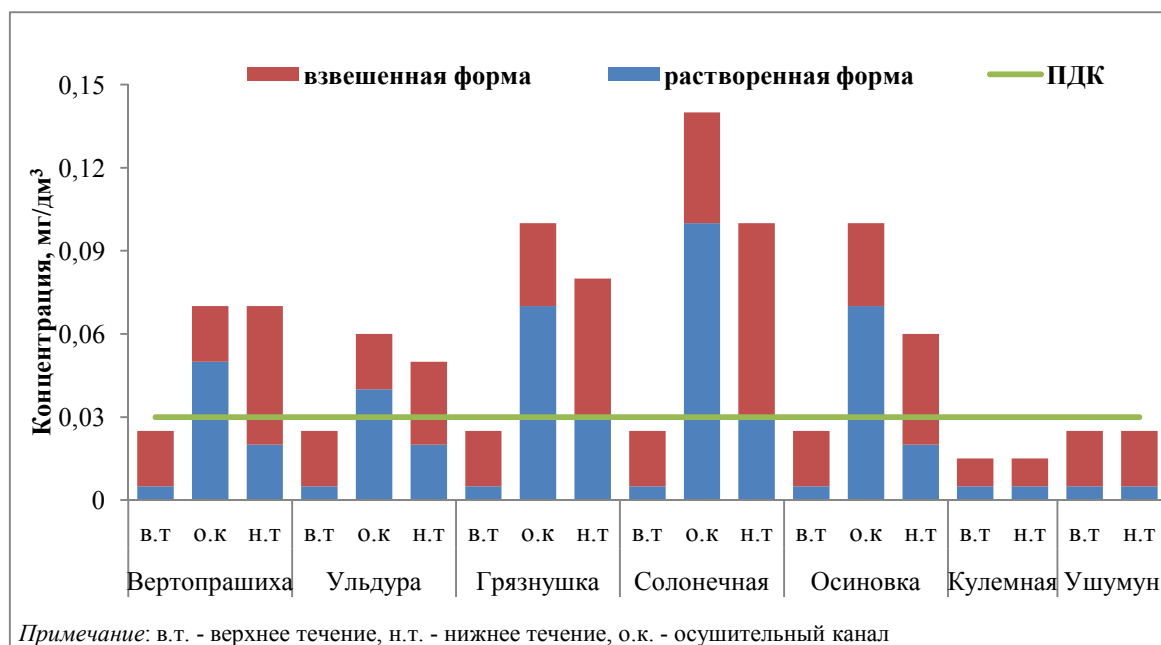


Рисунок 21 – Средние концентрации свинца в поверхностных водах, 2009–2018 гг.

Естественными источниками поступления свинца в поверхностные воды являются процессы растворения эндогенных (галенит) и экзогенных (англезит, церуссит и др.) минералов.

Содержание растворенного свинца в незагрязненных водах суши, как правило, не превышает $0,003 \text{ мг/дм}^3$ (Смоляков и др., 1999). Особенности распределения и миграции свинца в природных водах обуславливаются интенсивностью осаждения и комплексообразованием с органическими лигандами. Геохимическая подвижность свинца зависит от физико-химических свойств формирующихся комплексов.

В водных системах свинец в основном связан с взвешенными частицами или находится в виде растворимых комплексов с гуминовыми кислотами. Лимитирующий показатель вредности свинца – санитарно-токсикологический. ПДК свинца составляет $0,03 \text{ мг/дм}^3$ (Мур Дж., Рамамурти, 1987).

Свинец находится в природных водах в растворенном и взвешенном (сорбированном) состоянии. В растворенной форме встречается в виде минеральных и органоминеральных комплексов, а также простых ионов, в нерастворимой – главным образом, в виде сульфидов, сульфатов и карбонатов. Пестициды, содержащие свинец, могут увеличивать содержание свинца в растениях (Сборник санитарно-гигиенических нормативов, 1991).

В поверхностных водах, не подверженных влиянию осушения, основной формой миграции Pb^{2+} является свободная форма. При изменении рН воды от 7 до 8 ед.рН, под влиянием осушительной мелиорации, образуется легкорастворимый комплекс $(\text{Pb}(\text{OH}))^+$.

Медь в поверхностных водах, в районе сельскохозяйственного производства, поступает со сточными водами при использовании пестицидов и фунгицидов (хлорокись меди, медный купорос, бордоская жидкость и др.) Содержание меди в земной коре сравнительно невелико

– 0,01 %. Медь является биофильным элементом, ее недостаток, как и избыток, вызывает развитие анемии (Темерев, 2001). Основными источниками поступления соединений меди в природные воды следует считать горные породы, сточные воды химических и металлургических производств, шахтные воды, различные реагенты, содержащие медь, а также сельскохозяйственные стоки (Никаноров и др., 2000).

Содержание меди в поверхностных водах, выше района проведения осушения, находится в пределах 0,0–0,09 мг/дм³ (рисунок 22). Медь обладает высокой комплексообразующей способностью. Форма нахождения меди во многом определяется физико-химическими, гидрологическими и биологическими параметрами водной среды (Мур, 1987).

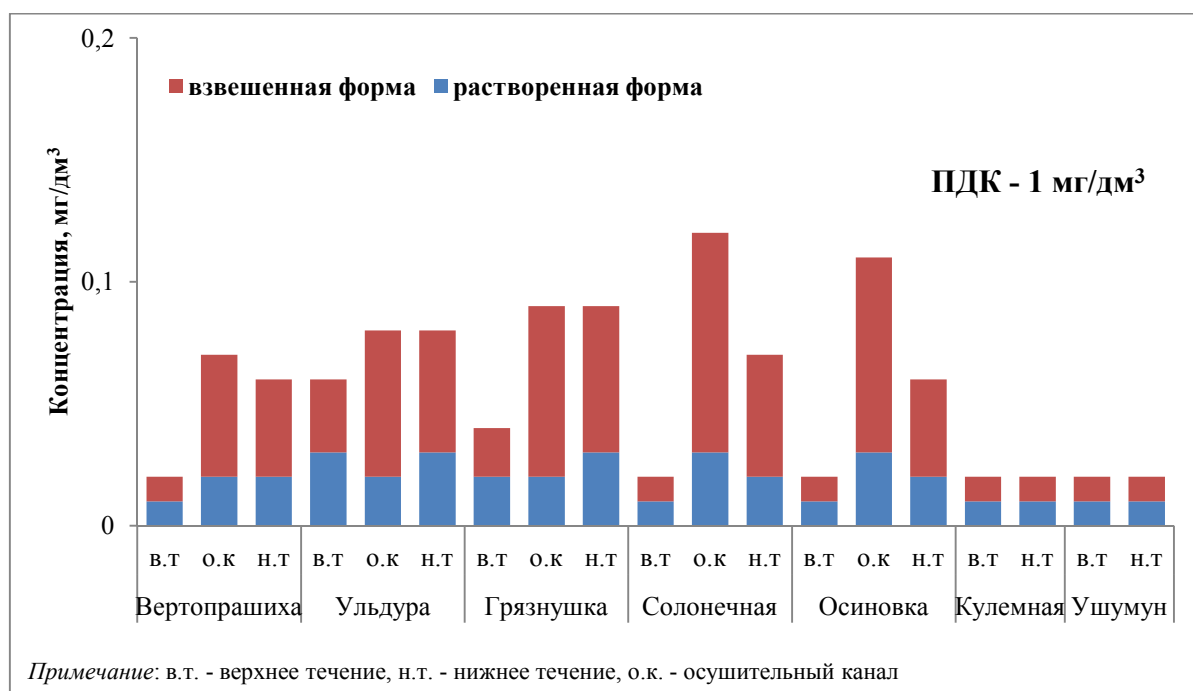


Рисунок 22 – Средние концентрации меди в поверхностных водах, 2009–2018 гг.

По классификации токсичности металлов в водных экосистемах (Wood, 1974) медь является средне – и высокотоксичным элементом. Предельно допустимая концентрация меди в воде водоемов санитарно-

бытового водопользования составляет 1,0 мг/дм (лимитирующий признак вредности – общесанитарный).

В поверхностных водах, не подверженных влиянию осушения, основной формой миграции Cu^{2+} является свободная форма. При изменении рН воды от 7 до 8 ед.рН, под влиянием осушительной мелиорации, соотношение гидратированных форм меди меняется: 30% – Cu^{2+} и 70% – $(\text{Cu}(\text{OH}))^+$.

Никель. Присутствие никеля в природной воде в значительной степени обусловлено составом пород, через которые проходит вода. ПДК никеля для водной среды – 0,1 мг/дм³ (Сборник санитарно-гигиенических, 1991).

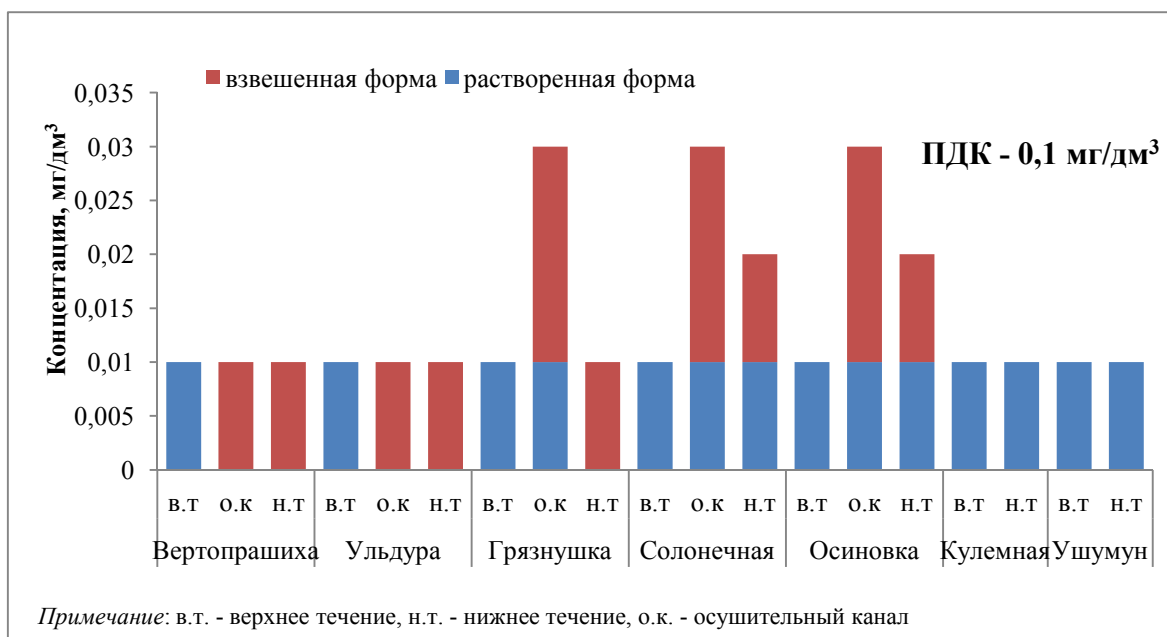


Рисунок 23 – Средние концентрации никеля в поверхностных водах, 2009–2018 гг.

В поверхностных водах суши соединения никеля достаточно распространены и находятся в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях, соотношение между которыми зависит от состава вод, температуры, величины рН. Растворенные формы никеля представляют собой, главным образом, комплексные ионы. Наиболее часто он

мигрирует в виде комплексов с аминокислотами, гуминовыми и фульвокислотами.

Во всех малых реках, во всех точках отбора проб (рисунок 23) прослеживаются низкие концентрации никеля в результате сорбции ионов, образования нерастворимых соединений, а также поглощения различными организмами происходит осаждение никеля. Основной формой миграция Ni во всех водах является свободная форма.

3.2.6 Суммарная оценка влияния осушительной мелиорации на качество поверхностных вод по содержанию тяжелых металлов

Изменение качества поверхностных водотоков и сравнение процессов концентрирования каждого ТМ в исследуемых и фоновых точках в различных фазах гидрологического режима и при разной степени затопления пойм оценено по величине индекса загрязнения воды (ИЗВ) (рисунок 24).

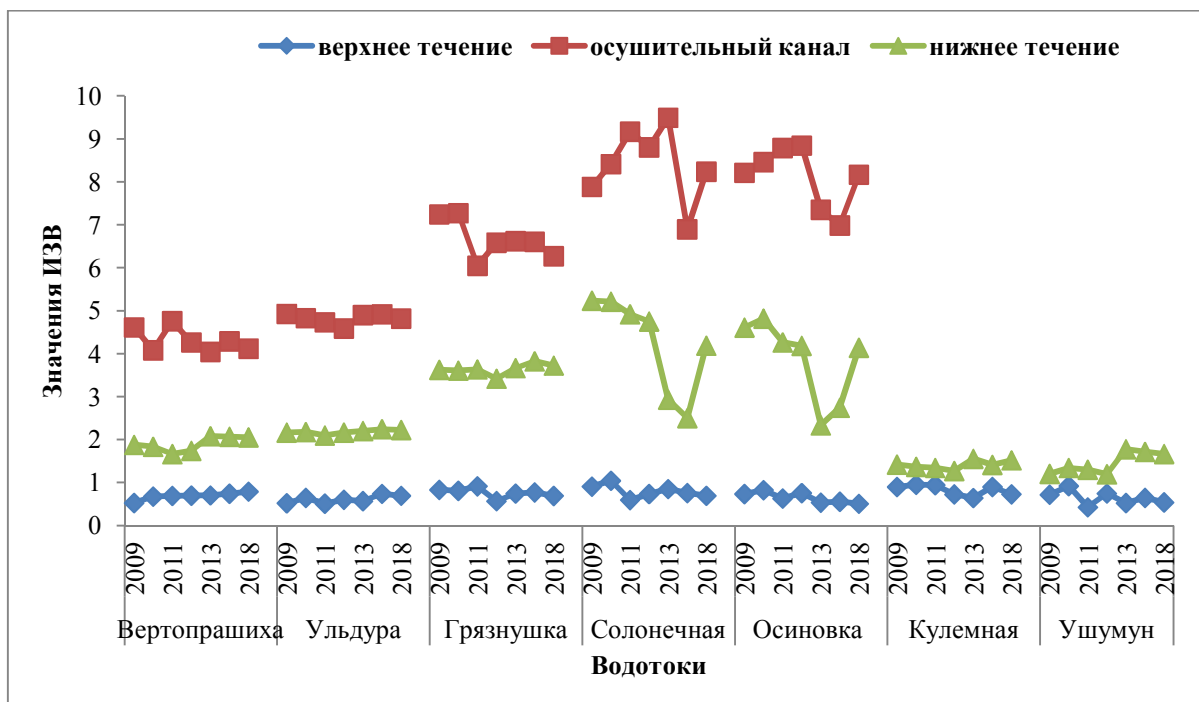


Рисунок 24 – Значения индексов загрязнения воды.

Суммарная оценка изменения концентраций ТМ по ИЗВ показала, что проведение осушительных мелиорационных работ ведет к снижению качества всех водотоков, при этом наихудшие состояния в реках Солонечная и Осиновка. Во всех водотоках (верхние и нижние течения) без влияния осушения качество воды относилось к категории – «чистым». При проведении осушительных работ качество воды в нижних течениях рек Вертопрашиха и Ульдура относились к – «умеренно загрязненным», Грязнушка к – «загрязненным». Класс качества в р. Солонечная и р. 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, а в нижних течениях снизила класс качества до «загрязненные» (Зубарев, Коган, 2016).

Таким образом, во всех исследуемых водотоках концентрации значительно отличаются друг от друга, причем содержание природных поллютантов на несколько порядков выше, чем природно-антропогенных. Содержание ТМ в точках, расположенных в районах дренажного стока, всегда больше, чем в фоновых, но меньше, чем в дренажных водах. В отсутствие затопления поймы наибольшему загрязнению подвержены реки Осиновка и Солонечная, в которых их концентрация по сравнению с фоном увеличивается примерно в 1,5–3 раза. Затопление пойм приводит к увеличению количества ВВ в водоемах примерно в 1,5–2 раза. На подвижность ТМ в поверхностных водотоках могут оказывать влияние не только дренажный и поверхностный сток с почвенных горизонтов, но и увеличение концентрации взвешенных и органических соединений, особенно фульвокислот, которые повышают их геохимическую подвижность (Zubarev, Kogan, 2017).

3.3 Влияние осушительной мелиорации на изменение концентраций тяжелых металлов в донных отложениях

Для оценки возможного антропогенного воздействия на речные экосистемы необходимо знать не только концентрацию и формы нахождения ТМ в пойменной почве и воде, но и их содержание в донных отложениях. Поэтому нами ранее было проведено исследование влияния осушительных мелиоративных работ на качество поверхностных вод и пойменных почв, поскольку дренажные и поверхностные воды выносят из 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. Одним из наиболее информативных объектов исследований в этой цепочке могут являться донные отложения, которые вследствие способности к аккумуляции различных поллютантов с территории водосбора в течение длительного промежутка времени могут служить индикатором экологического состояния малых рек и интегральным показателем степени загрязнения поверхностных водотоков (Ларина, 2008). Как видно из данных, приведенных на рисунке 25, во всех водотоках содержание ТМ в ДО в верхних течениях значительно различаются друг от друга, и концентрация природных ТМ на несколько порядков выше, чем природно-антропогенных. Так, наибольшие концентрации Fe, Mn, Cu, Pb и Zn обнаружены в донных отложениях р. Грязнушка; Ni – в р. Ульдура; и Co – р. Солонечня. Возможно, это детерминируется уклонами русел, скоростями течения и интенсивностью поверхностного и подземного стоков в различные временные периоды и физико-химическими свойствами самих элементов.

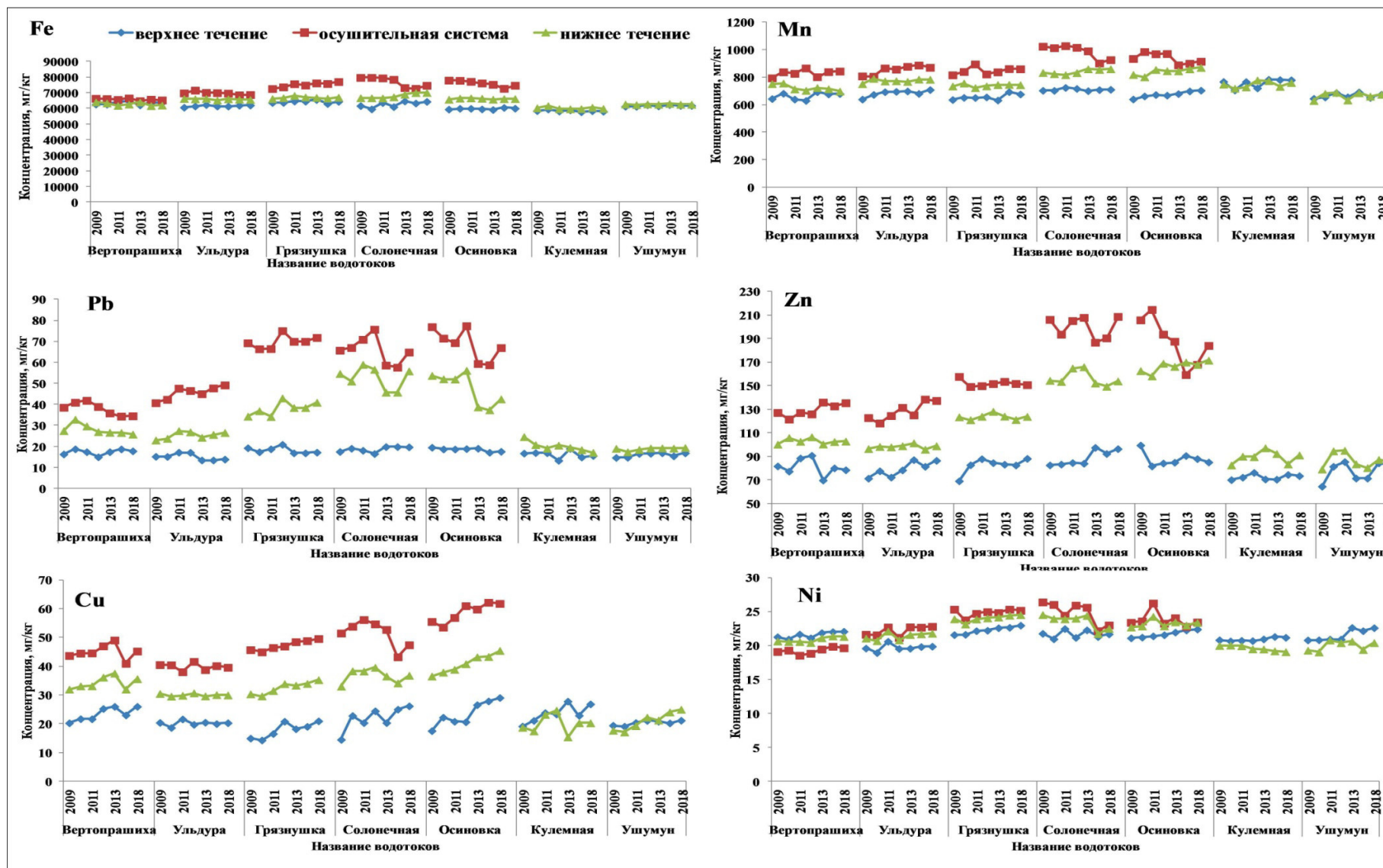


Рисунок 25 – Валовые концентрации тяжелых металлов в донных отложениях

В донных отложениях, подверженных влиянию осушительной мелиорации, наибольшие концентрации Fe и Mn обнаружены в р. Солонечная; Ni, Pb и Zn – в р. Ульдура; Cu – в р. Грязнушка; Co – в р. Вертопрашиха. По результатам исследований выявлено, что накопление ТМ в большей степени происходит в илистых и глинистых отложениях р. Солонечная и р. Осиновка.

Повышенное содержание Mn и Zn, по-видимому, обусловлено их активным участием в биологическом круговороте и значительным поступлением в воду в растворенной форме при разложении фитопланктона и высших водных растений.

В донных отложениях, отобранных в районах осушительной мелиорации, прослеживается снижение концентраций свинца во всех точках по отношению к фону. В период промывного типа водного режима 2013 г. наблюдается снижение концентраций Pb, Zn и Cu вследствие выпадения большого количества атмосферных осадков. Кроме того, установлена прямая корреляционная зависимость ($r=0,6$) между содержанием этих металлов в донных отложениях и изменением величины рН среды воды в водотоке, а также ($r=0,7$) объемом выпавших атмосферных осадков для донных отложений рек Солонечная и Осиновка, подверженных влиянию мелиорирования. Для марганца и никеля прослеживается осаждение, и, как следствие, увеличение концентраций этих элементов.

Миграционную способность ТМ из воды в донные отложения можно объяснить с помощью коэффициента распределения. Интерпретация $lgK_{распр}$ сводится к тому, что чем больше его значение, тем интенсивнее наблюдается процесс миграции металла из воды в донные отложения. Использование данной характеристики в динамике ТМ позволяет определить периоды максимального их содержания в донных отложениях и дает возможность прогнозирования влияния

исследуемых факторов на миграционные процессы металлов в системе вода-донные отложения. Исследования показали достоверную статистически значимую корреляционную зависимость ($r > 0,8$), что при повышении рН водной среды до 8,15 возрастает миграция и накопление всех исследуемых ТМ из воды в донные отложения.

Наиболее интенсивные процессы осаждения в донные отложения отмечены для железа ($\lg K_{\text{распр}} = 4,06$), свинца ($\lg K_{\text{распр}} = 3,76$), цинка ($\lg K_{\text{распр}} = 3,60$). Средний характер миграции наблюдается для марганца и меди ($\lg K_{\text{распр}} = 3,36$). Для никеля коэффициент распределения имеет минимальное значение ($\lg K_{\text{распр}} = 2,82$), что может говорить о протекании конкурирующих обратных процессов миграции металла из донных отложений в воду. В водных экосистемах с уменьшением рН среды происходит десорбция катионных форм металлов с поверхности твердых частиц, взвешенных веществ или донных отложений и поступление их в воду. Существующий в водном потоке спектр соединений ТМ для каждого конкретного поверхностного водоема определяется возможностью прохождения таких процессов как гидролиз и полимеризация. Также наблюдаются процессы комплексообразования ТМ с неорганическими и органическими веществами, в том числе с хелатообразователями – гуминовыми и фульвокислотами, присутствующих в природных водах, что обуславливает миграционную способность металлов. В свою очередь перечисленные процессы контролируются значениями рН и Eh водной среды (Максимов, 1991).

Для полиэлементной оценки состояния донных отложений в районах осушительной мелиорации по содержанию ТМ, так же как и для почв, нами был использован суммарный коэффициент загрязнения с индексом, отражающим классы опасности поллютантов (рисунок 26).

Суммарный коэффициент загрязнения донных отложений тяжелыми металлами показывает, что осушительная мелиорация

негативно влияет на состояние донных отложений и приводит к увеличению концентраций ТМ. По величине $Z_{ст}$ (рисунок 26) немелиорированные ДО (верхнее и нижнее течение) имеют наименьшие коэффициенты, при мелиорировании (осушительная система) эти значения увеличиваются.

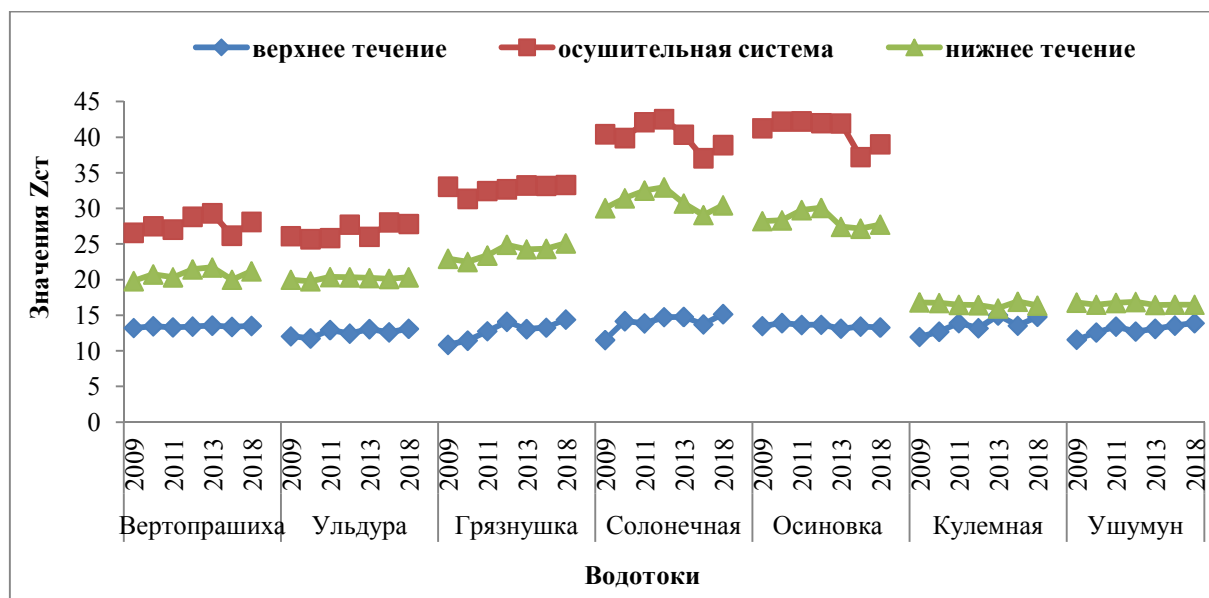


Рисунок 26 – Суммарный коэффициент загрязнения донных отложений малых водотоков.

По шкале $Z_{ст}$ донные отложения в нижних течениях и верхних (Ушумун и Кулемная) – относятся ко второй категории «допустимое», нижние течения рек, подверженных влиянию осушения – к 3 категории «умеренно опасное», а ДО в осушительных каналах – к 4 категории «опасное». В период наводнения (2013–2014 гг.) прослеживается 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 (Зубарев, 2014).

ГЛАВА 4. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСУШЕНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ ПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЫ – ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ – ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ

Для интегральной оценки влияния осушения на ПРК малых рек по изменению концентраций ТМ в почве, воде и донных отложениях использовалась балльная оценка, которая является универсальным способом измерения и соотношения любых частных показателей (Лопатина, Назаревский, 1972; Арманд, 1975). Балльная система является универсальным способом измерения и соотношения любых частных оценок (Мирзеханова, Нарбут, 1993; Исаченко, 1995). Её применение объясняется набором критериев, имеющих количественные или качественные характеристики, к которым статистические методы не применяются (Кочуров, 2003).

Для проведения *интегральной оценки* последствий антропогенного воздействия в ПРК малых рек нами учитывалось качество воды в реке (ИЗВ), качество почв ($Z_{ст}$) и донных отложений ($Z_{ст.дон}$). Для каждого показателя присваивается свой балл в диапазоне 1–5 (максимум). Каждый из критериев был оценен по пятибалльной шкале, путём суммирования баллов были вычислены интегральные показатели. Диапазон интервалов определяется таким образом, чтобы он включал в себя наименьшее и наибольшее проявление какого-либо изучаемого параметра, при этом количество интервалов определяется общепринятыми градациями самого фактора. Интегральная оценка была получена арифметической суммой баллов всех оценочных показателей.

Основным фактором, влияющим на качество речных вод, является антропогенное воздействие на водные ресурсы. Реки являются не только источником пресной воды, но и приемником жидких промышленных и

бытовых сбросов. Качество природных вод оценивается с помощью индекса загрязненности воды (ИЗВ) (таблица 5).

Таблица 5 – Шкала оценки загрязненности воды

Категория загрязненности воды	Класс загрязнения	ИЗВ	Балл
Чистые	1	0,3–1,0	1
Умеренно загрязненные	2	1,1–2,5	2
Загрязненные	3	2,5–4,0	3
Грязные	4	4,1–6,0	4
Очень грязные	5	6,0–10	5

Наличие в почвах и донных отложениях (таблица 5) ТМ требует разработки объективной оценки их накопления, контроля за их поведением в почвенном покрове. Для полиэлементной оценки почв и донных отложений в настоящее время применяют суммарный показатель загрязнения с учетом разной токсичности ТМ ($Z_{ст}$).

Таблица 6 – Шкала суммарных коэффициентов загрязнения для почв и донных отложений

Категории загрязнения	Класс загрязнения	Суммарный показатель загрязнения ($Z_{ст}$)	Балл
Чистая почва	1	0–8	1
Допустимая	2	9–15	2
Умеренно опасная	3	16–32	3
Опасная	4	33–128	4
Чрезвычайно опасная	5	>128	5

Таблица 7 – Интегральная оценка пойменно-русловых комплексов малых рек Среднеамурской низменности, преобразованных осушительной мелиорацией, по содержанию тяжелых металлов в системе «пойменная почва – поверхностная вода – донные отложения»

ИЗВ	Z _{ст} почв	Z _{ст} донных отложений	Сумма баллов	Степень влияния осушения
1	1	1	3	очень слабое
2	2	2	6	слабое
3	3	3	9	умеренное
4	4	4	12	опасное
5	5	5	15	чрезвычайно опасное

Интегральная оценка была получена арифметической суммой баллов всех оценочных показателей (таблица 7).

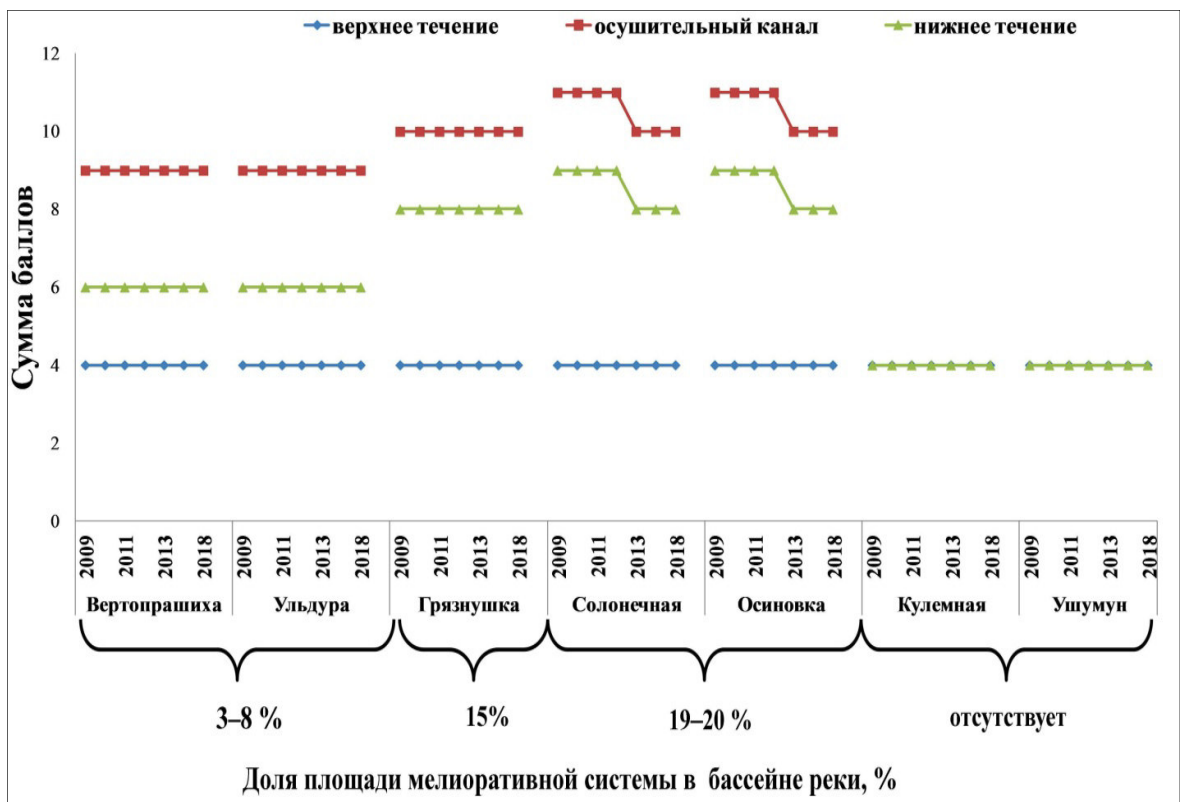


Рисунок 27 – Интегральная оценка пойменно-русловых комплексов малых рек Среднеамурской низменности, находящихся под воздействием осушительной мелиорации

Как видно из рисунка 27, наименьшие баллы были получены в точках отбора проб для всех ПРК малых рек, где влияние осушения полностью отсутствует. Гидрологические и гидрохимические их режимы находятся в естественном состоянии, поэтому процессы транзита-аккумуляции ТМ идут только за счет природных условий.

По результатам оценки содержания ТМ в ПРК Среднеамурской низменности преобразованных осушительной мелиорацией были выделены три группы пойменно-русловых комплексов.

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 химическим характеристикам они возвращаются в естественное состояние.

Ко второй группе отнесен ПРК реки Грязнушка. До 15% площади его бассейна занята осушительной мелиорацией. Для него 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.

Наибольшее влияние осушения проявляется в ПРК рек Солонечная и Осиновка, 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 ДО, что приводит к ухудшению экологического состояния ПРК. Для снижения негативных последствий воздействия мелиоративных систем на состояние ПРК данной группы потребуются 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 ТМ в водоемах вследствие их большого разбавления. Катастрофическое наводнение привело к снижению суммарного загрязнения ПРК тяжелыми металлами рек Солонечная и Осиновка, подверженных влиянию осушения. Произошло природное самоочищение данных рек.

ГЛАВА 5. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГИДРОБИОНТАХ И ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ, КАК ИНДИКАТОРАХ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ МАЛОЙ РЕКИ

5.1 Влияние осушительной мелиорации на изменение концентрация тяжелых металлов в гидробионтах

ТМ являются компонентом минерального состава поверхностных вод и донных отложений. С отмиранием растений и сезонными изменениями химии вод связано перераспределение металлов между водой и донными отложениями. Многие токсические вещества могут длительно сохраняться в воде, аккумулироваться в донных отложениях и гидробионтах, мигрировать по пищевой цепи, накапливаясь в возрастающем количестве от низшего к высшему звену.

В связи с этим изучение содержания микроэлементов в органах и тканях рыб не только способствует выяснению физиологической роли этих веществ в организме рыб, но и может служить одним из критериев качества производителей икры и молоди (В.И.Воробьев, 1993). Высокий уровень загрязнения среды тяжелыми металлами приводит к снижению видового состава гидробионтов.

Среди индикаторов уровня загрязнения поверхностных вод рыбы являются самыми приемлемыми маркерами для представления о характере возможного антропогенного влияния, присутствующих в воде (Воробьев В.И., 1993; Евтушенко Н.Ю., 1996). Для выявления влияния осушения на гидробионты нами был выбран гольян Лаговского (*Phoxinus Lagowskii*), данный вид относится к экологической группе – эврифаги, и наиболее часто встречается в малых реках Среднеамурской низменности.

Содержание железа в органах и тканях голяна Лаговского в верхних течениях рек варьирует в пределах 11–28 мг/кг (рисунок 28). В нижних течениях рек концентрации Fe – 19–72 мг/кг, что превышает значения ПДК в 1,2–2 раза.

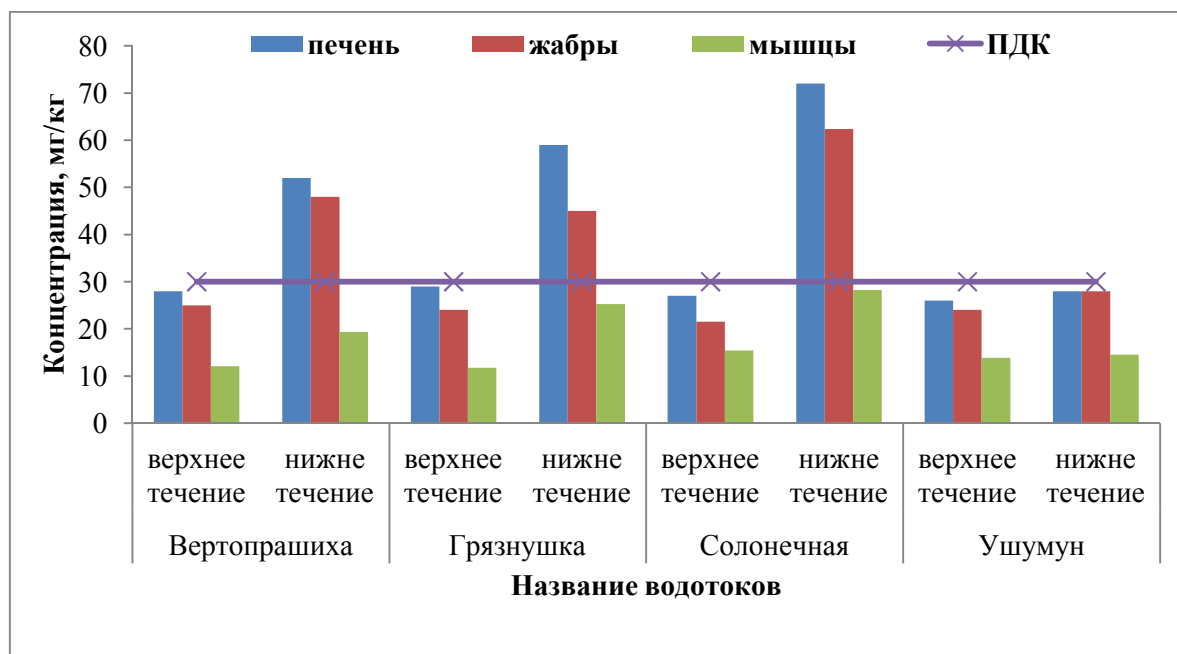


Рисунок 28 – Концентрации железа в тканях и органах голяна Лаговского

По способности концентрировать железо в порядке убывания органы и ткани голяна располагаются следующим образом: печень > жабры > мышцы. В печени обнаружено повышенное содержание железа, поскольку этот орган является функциональным депо многих биометаллов. Кроме того, резервное железо, накопленное в печени в виде сложных железобелковых комплексов ферритина и гемосидерина, тратится на образование пигмента крови и многих других гемопротеинов (Воробьев, 1979). Жабры, наряду с печенью, характеризуются повышенным содержанием железа. Вполне вероятно, что они участвуют в обмене металлами между водной средой и организмом. В мышцах обнаружены относительно малые концентрации железа.

Содержание марганца в органах и тканях голяна Лаговского в верхних течениях рек варьирует в пределах 5–11 мг/кг (рисунок 29). В нижних течениях рек концентрации Mn – 5–32 мг/кг, что превышает значения ПДК в 1,2–2 раза.

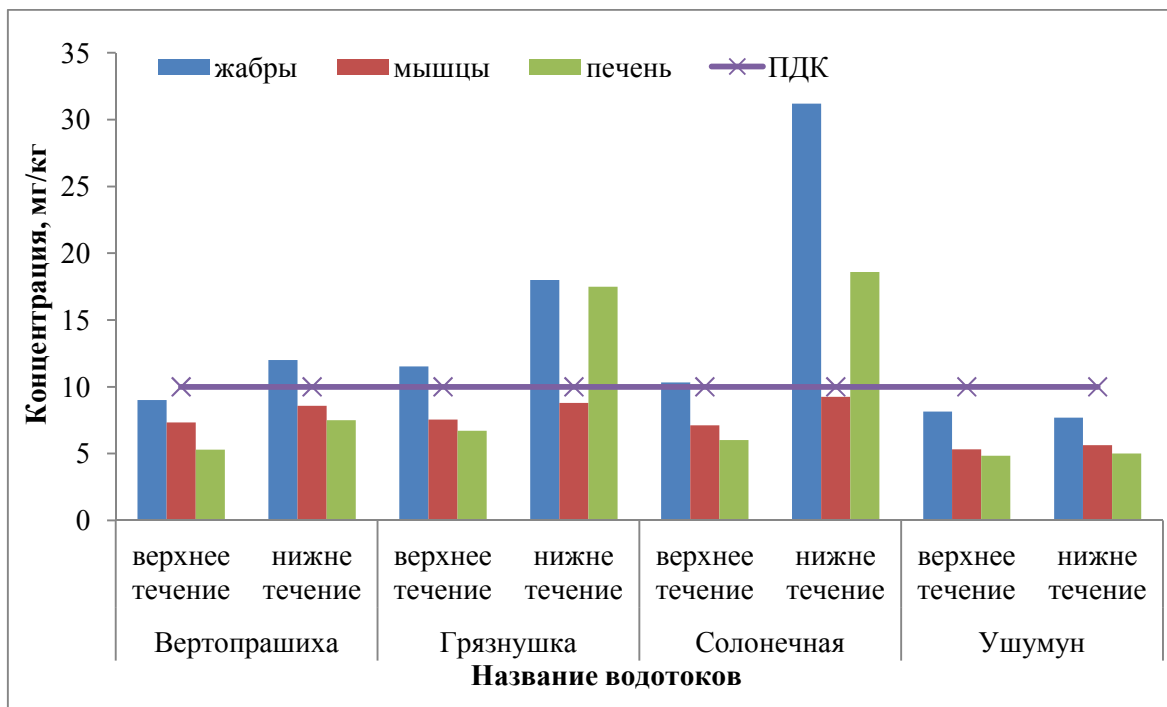


Рисунок 29 – Концентрации марганца в тканях и органах голяна Лаговского

По содержанию марганца в органах и тканях рыб нами выделены следующие ряды:

- для точек отбора проб, где нет осушения – жабры > мышцы > печень;
- для нижних течений рек (подверженных влиянию осушения) жабры > печень > мышцы.

Повышенное содержание марганца в жабрах голяна определяется в значительной мере тем, что основной обмен данного ТМ между внешней средой и организмом рыб осуществляется именно через жаберные лепестки. Содержание металла в остальных органах существенно ниже. В нижних течениях рек, подверженных влиянию

осушительной мелиорации, происходит увеличение концентраций растворенных и взвешенных форм Mn в воде, что привело к повышению содержания данного металла в органах гольяна. Марганец относится к группе ТМ, способных индуцировать мутации различных типов. В связи с этим, при загрязнении водоемов этим металлом возникает опасность появления целого ряда заболеваний у рыб: атаксии, депигментации, асфиксии и др.

Содержание Zn в органах и тканях гольяна Лаговского в верхних течениях рек варьирует в пределах 2–9 мг/кг (рисунок 30). Под влиянием осушительной мелиорации в нижних течениях рек происходит увеличение концентраций цинка до 3–32 мг/кг, что не превышает значения ПДК. Органы и ткани гольяна по способности концентрировать Zn располагаются в следующий ряд: печень > жабры > мышцы. Цинк аккумулируется преимущественно в печени рыб, что свидетельствует о высоком уровне процессов метаболизма в этом органе.

Повышенное содержание цинка в жабрах рыб из р. Солонечная могут оказывать вредное воздействие на мальков рыб, осаждаясь на жабрах, что значительно ухудшает эколого-токсикологическое состояние водотоков. Цинк понижает потребление O_2 и возбуждает дыхательные спазмы, снижает респирацию, и как следствие, вызывает асфиксию, что особо опасно для младших возрастных групп.

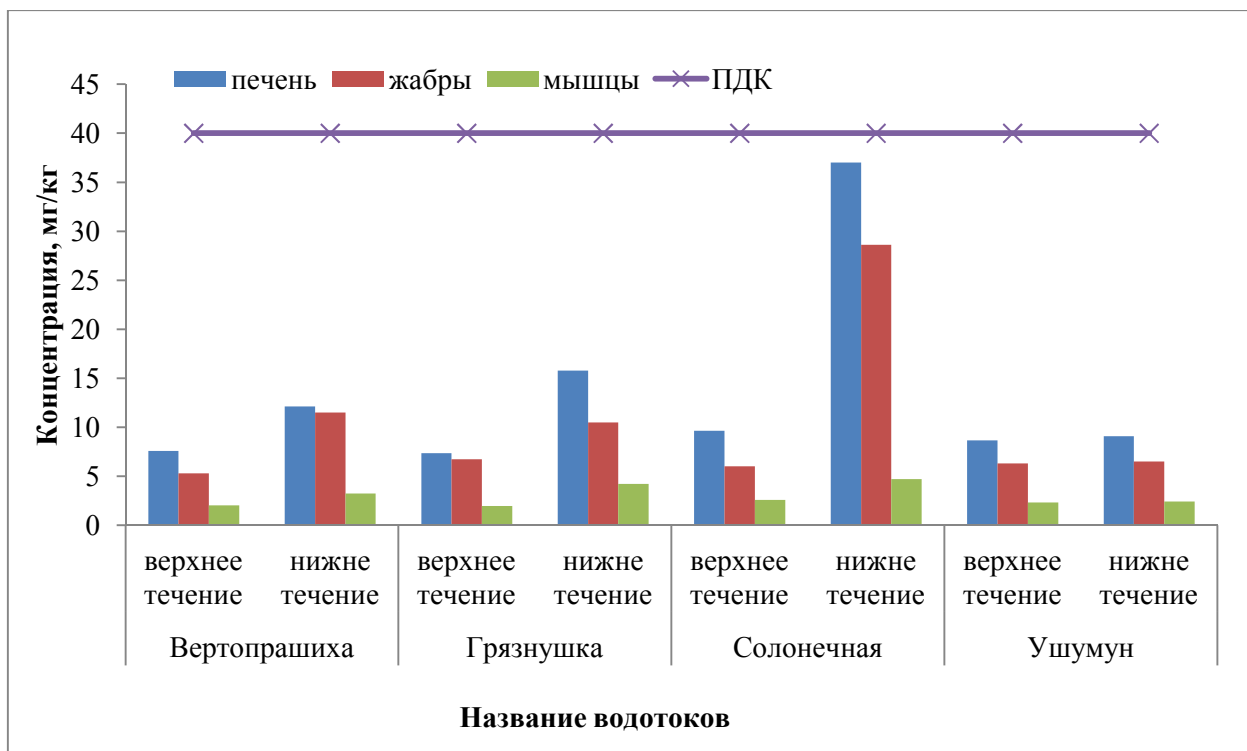


Рисунок 30 – Концентрации цинка в тканях и органах голяна Лаговского

Вследствие интоксикации Zn может происходить нарушение функции почечной ткани и пищеварительных ферментов, снижаются темпы роста, нарушаются репродуктивные и поведенческие функции рыб.

Концентрация свинца в органах и тканях голяна в верхних течениях рек 0–0,3 мг/г. Под влиянием осушительной мелиорации в нижних течениях рек происходит увеличение концентраций Pb до 0,08–4,6 мг/кг, что в ряде случаев превышает значения ПДК в 4 раза (рисунок 31).

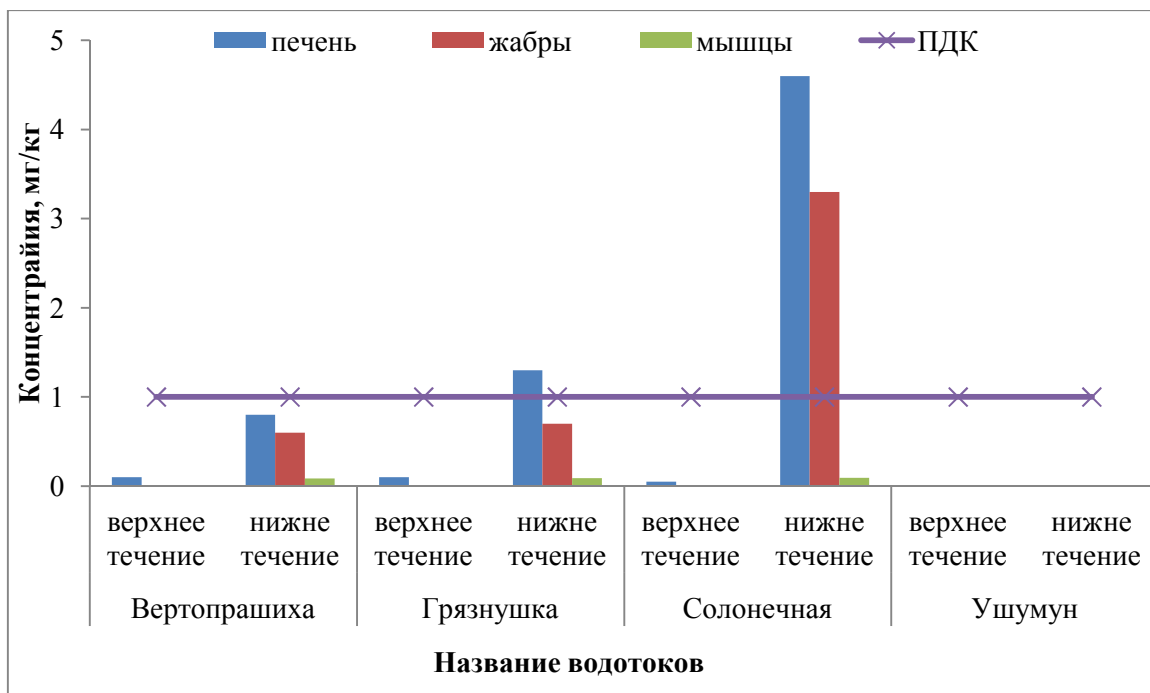


Рисунок 31 – Концентрации свинца в тканях и органах гольяна Лаговского

В порядке уменьшения интенсивности накопления свинца органы и ткани гольяна располагаются в следующий ряд: печень > жабры > мышцы. Повышенные концентрации свинца обнаружены печени и жабрах, превышающие 3–4 ПДК, в нижнем течении р. Солонечная. Основным патологическим процессом при отравлении свинцом является нарушение обмена гемоглобина, так как этот элемент угнетает внедрение железа в порфириновое кольцо, и эритробласты теряют способность использовать железо для синтеза гемоглобина, накапливая порфирин. Вследствие этого в организме наступает недостаток гемоглобина (анемия) и избыток неиспользованного порфирина (порфирурия). Проявлениями свинцового токсикоза являются также лордозы, сколиоз, тремор и омертвление сенсорных и поддерживающих клеток боковых линий рыб (Мур, Рамамурти, 1987; Щербакова, 2004).

Концентрация меди в органах и тканях гольяна в верхних течениях рек колеблется в пределах 0–1 мг/кг. Под влиянием осушительной мелиорации в нижних течениях рек происходит увеличение

концентраций Pb до 0,5–6 мг/кг, что не превышает значения ПДК, составляющего 10 мкг/г (СанПиН 2.3.2. 560-96) (рисунок 32).

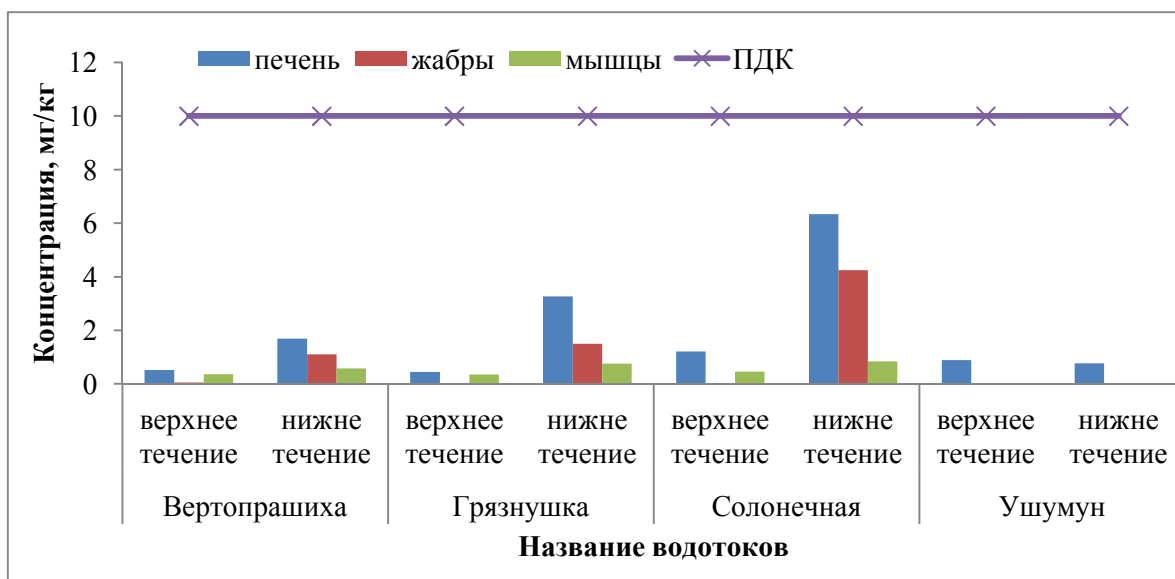


Рисунок 32 – Концентрации меди в тканях и органах голяна Лаговского

По содержанию меди в органах и тканях рыбы нами получен следующий ряд: печень > жабры > мышцы.

Обнаруженное повышенное содержание меди в печени можно предположить то, что данный элемент поступает главным образом с пищей, а второстепенно через жаберный аппарат. Повышенный уровень содержания меди в печени объясняется тем, что в этом органе происходят процессы кроветворения.

Сравнительно высокие количества изучаемого элемента в жабрах подтверждают физиологическую роль жаберного аппарата, участвующего в обмене химическими элементами между водной средой и организмом рыб. Поступление данного металла в избыточных количествах способствует усиленному поглощению кислорода, увеличению рН крови и потреблению энергии у рыб, в то время как интенсивность питания снижается. Накопление меди в рыбах с возрастом приводит к усилению ее токсического воздействия (Мур, Рамамурти, 1987).

Концентрация никеля в органах и тканях голяна в верхних течениях рек колеблется в пределах 0–0,9 мкг/г. Под влиянием осушительной мелиорации в нижних течениях рек происходит увеличение концентраций Ni до 0,3–1,3 мг/кг, что не превышает значения ПДК, составляющего 20 мкг/г (СанПиН 2.3.2. 560-96) (рисунок 33).

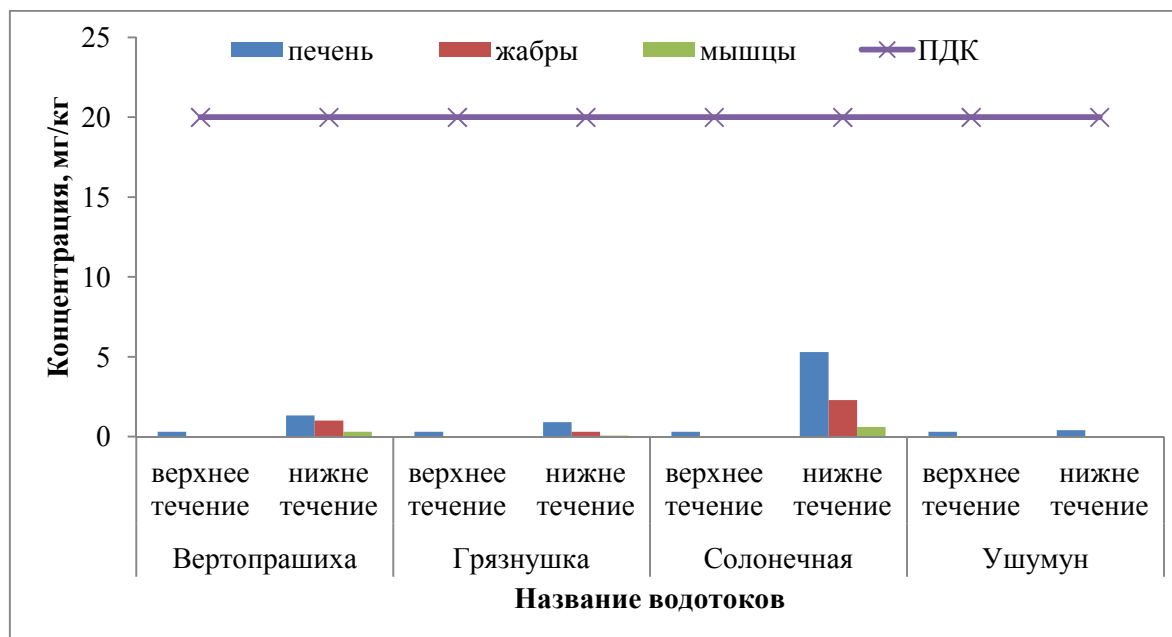


Рисунок 33 – Концентрации никеля в тканях и органах голяна Лаговского

Органы и ткани голяна по способности концентрировать Ni располагаются в следующий ряд: печень > жабры > мышцы. Соединения никеля играют важную роль в кроветворных процессах, являясь катализаторами. Повышенное его содержание оказывает специфическое действие на сердечнососудистую систему.

Таким образом, как показали результаты проведённых исследований, превышение адсорбирования в тканях и органах рыб (на примере голяна Лаговского) тяжелых металлов закономерно происходит в нижнем течении малых рек исследуемого района, что связано с применением мелиорации, накоплением в почве и дальнейшим

смывом в реки тяжелых металлов и их соединений, содержащихся в удобрениях.

В жабрах гольянов Лаговского, обитающих в нижнем течении рек Грязнушка, Вертопрашиха и Солоничная, обнаружены повышенные концентрации железа, марганца и свинца, значительно превышающие ПДК для промысловых рыб. Такие высокие концентрации тяжёлых металлов в первую очередь опасны для человека, как потребителя рыбы. Также страдают и сами популяции рыб, высокие концентрации тяжёлых металлов вызывают угнетение их физиологических циклов, возникновение ряда заболеваний, патологии эмбрионального и постэмбрионального развития.

Концентрации цинка и меди в жабрах гольянов из низовий рек Грязнушка, Вертопрашиха и Солоничная также превышают концентрации данных металлов в верхнем течении рек, что говорит о накоплении при мелиорации загрязнений тяжелыми металлами в низовьях. Концентрации этих металлов в жабрах гольянов не превышают ПДК, допустимых для промысловых рыб.

Таким образом, наши исследования подтвердили значительную аккумуляцию тяжёлых металлов в почве, воде и биоте в низовьях рек, чьи бассейны подвергаются интенсивной мелиорации. В ряде случаев концентрации тяжелых металлов в тканях рыб превышают ПДК для пищевых продуктов.

5.2. Влияние осушительной мелиорации на изменение концентрации тяжелых металлов в высшей водной растительности

Стойкость соединений ТМ обуславливает возможность их биоаккумуляции в живых организмах непосредственно через загрязненные воду и донные отложения или косвенно трофическим переносом через цепь питания. Высшие водные растения играют важную роль среди биотических составляющих водных экосистем. Накапливая химические элементы, в том числе ТМ, они удерживают их в течение всего вегетационного периода, исключая их из круговорота в водоеме до своего отмирания и разложения (Шушуловская Е.А., 2009).

Для анализа на содержание ТМ были отобраны и проанализированы экземпляры высшего водного растения *рдест пронзенолистный* (*Potamogeton perfoliatus*) семейства рдестовые, по классификации В.Г. Папченкова относятся к группе погруженных укореняющихся гидрофитов.

Результаты наших исследований свидетельствуют о дифференциации в интенсивности накопления ТМ растениями, отобранными в разных точках малых рек (таблица 8).

Таблица 8 – Концентрации тяжелых металлов в водных растениях *Potamogeton perfoliatus*, 2018 г., мг/кг

Название водотков	Точки отбора проб	Fe	Mn	Zn	Pb	Cu	Ni
Водотоки подвержены 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
Грязнушка	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 подвержены 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 степени растения содержат Fe, в наименьшей – Ni. По содержанию в ВВР 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 железа, свинца и никеля примерно в 1,5–2 раза, а марганца и цинка – 4–5 раз больше по отношению к верхним течениям рек.

Таким образом, осушительная мелиорация, меняя гидрохимические и гидрологические характеристики водотоков, приводит к увеличению концентраций ТМ в гидробионтах и макрофитах.

РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании проведенного исследования предложены мероприятия по снижению негативного влияния мелиоративных систем на экологическое состояние ПРК малых рек:

1. С целью снижения концентраций ТМ в малых реках целесообразно создавать на магистральных каналах осушительных систем специальных прудов-отстойников.

2. С экологической точки зрения мелиоративные мероприятия оправданы лишь тогда, когда осушаемая площадь водосбора не должна превышать более 15% от общей площади бассейна водоприемника сбросных вод.

3. При проведении биомониторинга в качестве объектов исследования могут выступать водные растения и гидробионты, которые анализировались в данной работе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенных исследований показано, что под влиянием осушительной мелиорации в компонентах пойменно-руслowych комплексах 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 тяжелых металлов в 1,1–1,5 раз, по сравнению с пойменными почвами тех частей пойменно-руслowych комплексов, 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 воде.

- Во всех исследуемых водотоках содержание тяжелых металлов 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 тяжелых металлов. Нижние течения рек, подверженных 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 пойменно-русловых комплексов в системе: «пойменные почвы – вода – донные отложения» показала, что наибольшее влияние осушения проявляется в пойменно-русловых комплексах, в которых доля площади мелиорированных систем занята более чем на 15%. В данных пойменно-русловых комплексах происходит интенсивный вынос тяжелых металлов из почвы, их смыв в поверхностные воды со взвешенным и органическим веществом и последующее осаждение в донных отложениях, что приводит к ухудшению экологического состояния пойменно-русловых комплексов. Для снижения негативных последствий воздействия мелиоративных систем на состояние пойменно-русловых комплексов данной группы потребуется принятие определенных мер со стороны человека.

4. Под влиянием дренажных вод с осушительных систем происходит накопление концентраций тяжелых металлов 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 гольяна Лаговского, в особенности Fe (1,5 ПДК) и Pb (2,5–3 ПДК).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов, В. А. Планетарная экологическая система / В. А. Абакумов, А. Л. Калабеков. – М. : Тип. Россельхозакадемии, 2002. – 674 с.
2. Абашев, В. Д. Земледелие на осушаемых почвах Северо-Востока / В. Д. Абашев. – Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 220 с.
3. Агроэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования / А. Л. Черногоров, П. А. Чекмарёв, И. И. Васенин, Г.Д. Гогмачадзе. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2012. – 272 с.
4. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
5. Алексеева, Н. А. Изменение некоторых показателей агроклиматического потенциала на территории юга Дальнего Востока (на примере гидрометеостанции Екатерино-Никольское) / Н. А. Алексеева, Е. А. Григорьева // Территориальные исследования Дальнего Востока : материалы III регион. шк.-семинара молодых учен., аспирантов и студентов. – Биробиджан : ИКАРП ДВО РАН : ДВГСГА, 2005. – С. 20–22.
6. Алексеевский, В. Е. Природоохранные мероприятия при эксплуатации осушенных земель Полесья Украины / В. Е. Алексеевский // Мелиорация и водное хозяйство. – Киев, 1981. – Вып. 51. – С. 3–5.
7. Алексейко, И. С. Обоснование мелиорации земель Дальнего Востока с использованием сапропеля : автореф. дис... д-ра техн. наук : 06.01.02 / И. С. Алексейко. – Благовещенск, 2003. – 51 с.
8. Алиева, Н. В. Эколого-мелиоративные основы изменения природной среды на мелиорируемых землях / Н. В. Алиева // Вестник ЮРГТУ. – 2016. – № 2. – С. 62–66.

9. Алымов, А. Н. Проблемы охраны природных комплексов в условиях крупномасштабных осушительных мелиорации земель в Полесье УССР / А. Н. Алымов. – Киев : СОПС УССР АН УССР, 1983. – 27 с.
10. Аношкин, А. В. Развитие пойменно-русловых комплексов рек территории Еврейской автономной области в условиях экстремальных паводков и повышенной водности / А. В. Аношкин // Региональные проблемы. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 35–42.
11. 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.
12. Аношкин, А. В. Устойчивость пойменно-русловых комплексов рек территории Еврейской автономной области к антропогенному преобразованию / А. В. Аношкин // Региональные проблемы. – 2014. – Т. 17, № 1. – С. 63–67.
13. Аношко, В. С. Мелиоративная география / В. С. Аношко. – Минск, 1987. – 255 с.
14. Арманд, Д. Л. Наука о ландшафте: (основы теории и логико-математические методы) / Д. Л. Арманд. – М. : Мысль, 1975. – 287 с.
15. Бабилов, Б. В. Болота в лесах России и их использование / Б. В. Бабилов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – № 6 (342). – С. 9–19.
16. Бельчикова, Н. П. Определение гумуса почвы по методу И.В. Тюрина / Н. П. Бельчикова // Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1975. – С. 56–62.
17. Богдановский, Г. А. Химическая экология / Г. А. Богдановский. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 237 с.

18. Богомолов, Л. А. Общее земледелие / Л. А. Богомолов, С. С. Судакова. – М. : Недра, 1971. – 56 с.
19. Бокрис Дж.О.М. Химия окружающей среды / Под ред. А.П.Цыганкова. – М.: Химия, 1982. – 672 с.
20. Болатбекова, К. С. Влияние осушения на свойства заболоченных почв моренных ландшафтов Нечерноземья / К. С. Болатбекова, Г. Ю. Рабинович // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 5. – С. 37–38.
21. Брезгунов, В. С. Антропогенное воздействие на качество природных вод / В. С. Брезгунов // Рациональное использование и охрана мелиорируемых земель : сб. науч. тр. ВНИИГиМ. – М., 1988. – С. 98–106.
22. Булавко, А. Г. Водный баланс речных водосборов / А. Г. Булавко. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. – 302 с.
23. Булгаков, Д. С. Почвенно-агромелиоративное районирование как информационная основа инвентаризации почвенного покрова пахотных земель России / Д. С. Булгаков, В. А. Рожков, И. И. Карманов // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2014. – № 76. – С. 3–32.
24. Булдей, В. Р. Осушительные мелиорации и охрана природы / В. Р. Булдей, С. Т. Вознюк. – М. : Наука, 1991. – 109 с.
25. Ваганова, Е. С. Оценка самоочищения водных экосистем от тяжёлых металлов (на примере малых рек Ульяновской области) / Е. С. Ваганова, О. А. Давыдова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 5–2. – С. 147–150.
26. Ваганова, Е.С. Физико-химические аспекты самоочищения малых рек от тяжелых металлов (на примере Ульяновской области) / Е.С. Ваганова, О.А. Давыдова // Вода: Химия и экология. – 2012. – № 3. – С. 21–26.

27. Вельдре, С. Р. Статистическая проверка счетного метода количественного анализа планктонных проб / С. Р. Вельдре // Применение математических методов в биологии. – Л. : ЛГУ, 1963. – С. 124–131.
28. Взвешенные вещества и общее содержание примесей в водах. Методика выполнения измерений массовой концентрации гравиметрическим методом : РД 52.24.468-2005. – М. : Стандартинформ, 2005. – 31 с.
29. Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
30. Витвицкий, Г. Н. Климат / Г. Н. Витвицкий // Южная часть Дальнего Востока. – М. : Наука, 1969. – С. 70–96.
31. Влияние осушительных мелиорации на химический состав вод р. Припяти и ее притоков / И. И. Лиштван, А. В. Быстрая, В. М. Гращенко, А. А. Терентьев // Проблемы Полесья. – Минск : Наука и техника, 1982. – Вып. 8. С. 128–135.
32. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах: монография / О.А. Давыдова, Е.С. Климов, Е.С. Ваганова, А.С. Ваганов; под ред. Е.С. Климова. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.
33. Водогрецкий, В. Е. Антропогенное изменение стока малых рек / В. Е. Водогрецкий. – Л. : Гидрометеиздат, 1990. – 176 с.
34. Водяницкий, Ю. Н. Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах / Ю. Н. Водяницкий, В. В. Добровольский. – М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1998. – 216 с.
35. Водяницкий, Ю. Н. Изучение тяжелых металлов в почвах / Ю. Н. Водяницкий. – М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2005. – 109 с.

36. Водяницкий, Ю. Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах / Ю. Н. Водяницкий. – М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2009. – 182 с.
37. Вомперский, С. Э. Формирование и режим стока при гидролесомелиорации / С. Э. Вомперский, А. А. Сирин, А. И. Глухов. – М. : Наука, 1988. – 168 с.
38. Вомперский, С. Э. Элементы водного баланса и гидрологический режим осушенных лесов и болот / С. Э. Вомперский // Современные вопросы лесоведения и лесной биогеоценологии. – М. : Мысль, 1974. – С. 92–118.
39. Воробьев, В. И. Биогеохимия и рыбоводство / В. И. Воробьев. – Саратов : МП Литера, 1993. – 224 с.
40. Воронов, Б. А. Современное состояние водных ресурсов Дальнего Востока и их антропогенное преобразование / Б. А. Воронов, А. Н. Махинов // 100-летие Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908–1910 гг. : материалы Всерос. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский : ИВиС ДВО РАН, 2009. – С. 40–48.
41. Вынос химических веществ с осушаемых сельскохозяйственных угодий и мероприятия по его предотвращению / Г. И. Королева, А. Е. Михалева, Е. П. Панов, В. А. Трифонов // Осушение земель в гумидной зоне СССР : сб. науч. тр. ВНИИГИМ. – М., ВНИИГИМ, 1983. – С. 154–164.
42. Гайдукова, Н.Г. О распределении соединений Mn, Cu, Zn, Co, Pb в почвенном профиле чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности / Н.Г. Гайдукова, В.И. Терпелец, Н.С. Баракин, И.В. Шабанова // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 95(1). – С. 1–20.

43. Говорушко, С. М. Влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду / С. М. Говорушко. – Владивосток : Дальнаука, 1999. – 169 с.
44. Голов, Г. В. Агромелиоративная характеристика почв сельскохозяйственной зоны Амурской области / Г. В. Голов, Ю. С. Черпаков // Проблемы мелиорации в Приамурье : сб. науч. тр. Благовещ. с.-х. ин-та. – Благовещенск, 1975. – С. 9–19.
45. Гомонова, Н. Ф. Состояние никеля в системе почва-растение при длительном применении агрохимических средств на дерново-подзолистой почве / Н. Ф. Гомонова // Агрохимия. – 2000. – № 10. – С. 68–74.
46. Гомонова, Н. Ф. Эколого-агрохимические функции удобрений при их длительном применении (50 лет) в агроценозе на дерново-подзолистой почве : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 06.01.04 / Н. Ф. Гомонова. – М., 2010. – 48 с.
47. Горбылева, А. И. Тяжелые металлы и радионуклиды при внесении минеральных удобрений и осадка сточных вод / А. И. Горбылева, Н. П. Решецкий, Г. А. Чернухо // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах : материалы науч.-практ. конф. – М., 1994. – С. 79–81.
48. 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.
49. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. Введ. 2002-08-01 М. : Стандартинформ. 2008. – 7 с.

50. ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1986-01-01. – М. : Стандартиформ, 1985. – 7 с.
51. ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб. – Введ. 1990-04-01 М. : Стандартиформ. 2008. – 7 с.
52. ГОСТ 52991-2008. Вода. Методы определения содержания общего и растворенного органического углерода. – Введ. 2010-01-01. – М. : Стандартиформ, 2009. – 23 с.
53. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2001-07-01. – М. : Стандартиформ, 2008. – 35 с.
54. Григорьева, Е. А. Эколого-климатические условия Еврейской автономной области и их влияние на здоровье населения : дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.16, 25.00.30 / Е. А. Григорьева. – Владивосток : ДВГУ, 2003. – 174 с.
55. Гродзинский, М. Д. Ландшафтно-экологический анализ в мелиоративном природопользовании / М. Д. Гродзинский, П. Г. Шищенко. – Киев, 1993. – 225 с.
56. Даишев, Ш. Т. Балансовая количественная оценка процессов самоочищения дренажных и поверхностных вод в открытой мелиоративной сети осушаемых агроландшафтов / Ш. Т. Даишев // Доклады РАСХН. – 1996. – № 4. – С. 55–56.
57. Данилов–Данильян, В. И. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты / В. И. Данилов–Данильян, К. С. Лосев. – М. : Наука, 2006. – 221 с.
58. Добровольский, Г. В. О понятиях – почва и земля в связи с обоснованием мелиоративных решений / Г. В. Добровольский, Ф. Р. Зайдельман // Почвоведение. – 2001. – № 1. – С. 608–619.

59. Дъери, Д. Особенности динамики марганца, кобальта, меди, цинка и молибдена в системе почва-растение / Д. Дъери, Н. Г. Зырин // *Агрохимия*. – 1965. – № 2. – С. 87–97.
60. Дьяков, И. П. Влияние дренажа на почвенные процессы и плодородие осушаемых земель / И. П. Дьяков // *Интенсификация земледелия и растениеводства Дальнего Востока*. – Новосибирск, 1988. – С. 9–16.
61. Еврейская автономная область / под ред. Ф. Н. Рянского. – Биробиджан : ИКАРП ДВО РАН, 1992. – 159 с.
62. Евтушенко, Н.Ю. Биоаккумуляция микроэлементов в органах и тканях рыб с разным типом питания при тепловом выращивании / Н.Ю. Евтушенко // *Гидробиологический журнал*. – 1996. – Т.32., № 3.– С. 89–101.
63. Емельянов, А. Г. Изменение природных комплексов под влиянием осушения в условиях Калининской области / А. Г. Емельянов, А. А. Дорофеев // *Природно-мелиоративный мониторинг в СССР*. – М., 1984. – С. 99–108.
64. Жмур, Н. С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России / Н. С. Жмур. – М. : Междунар. дом сотрудничества, 1997. – 116 с.
65. Зайдельман, Ф. Р. Деградация мелиорируемых почв России и сопредельных стран в результате антропогенного изменения их водного режима и способы защиты / Ф. Р.Зайдельман // *Использование и охрана природных ресурсов в России*. – 2014. – Т. 136, № 4. – С. 24–30.
66. Зайдельман, Ф. Р. Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв / Ф. Р. Зайдельман. – М. : Колос, 2008. – 486 с.

67. Закревский, Д. В. О влиянии осушительных мелиораций на состав химических веществ речных вод Припятского Полесья Украины / Д. В. Закревский // Водные ресурсы. – 1991. – № 6. – С. 50–59.
68. Залесов, С. В. Пожароустойчивость в условиях осушенного сосняка багульникового / С. В. Залесов, В. П. Волокитин, Д. М. Корсуков // Леса Урала и хозяйство в них : сб. науч. тр. – Екатеринбург, 2002. – Вып. 22. – С. 3–8.
69. Зонн, С.В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты) / С. В. Зонн. – М. : Наука, 1982. – 207 с.
70. Зубарев, В. А. Анализ тяжелых металлов 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.
71. 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.
72. 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.
73. Зубарев, В. А. Влияние осушительной мелиорации на процессы миграции тяжелых металлов в системе почва–вода–донные отложения / В. А. Зубарев, Р. М. Коган // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – № 3. – С. 29–32.
74. Зубарев, В. А. Влияние осушительной мелиорации на содержание тяжелых металлов в пойменных почвах Среднеамурской низменности / В. А. Зубарев // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 4. – С. 6–16.

75. 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.

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

77. Зубарев, В. А. История развития мелиорации на территории Дальнего Востока России / В. А. Зубарев // История науки и техники. – 2015. – № 3. – С. 95–104.

78. 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.

79. Зубарев, В. А. Сельскохозяйственная мелиорация на территории Дальнего Востока России / В. А. Зубарев // Региональные проблемы. – 2013. – Т. 16, № 1. – С. 66–72.

80. 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.

81. Иванов, Г. М. Марганец и медь в почвах Забайкалья / Г. М. Иванов, В. К. Кашин // Почвоведение. – 1998. – № 4. – С. 423–426.

82. Ивашкевич, Г. В. Влияние осушительных мелиораций на гидрологический режим нерестовых рек Западной Камчатки : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.36 / Г. В. Ивашкевич. – Владивосток, 2002. – 39 с.

83. Ивлев, А. М. Экологическая оценка мелиорации земель / А. М. Ивлев, А. М. Дербенцева, Н. Н. Бортин. – Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 1995. – 77 с.
84. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий / Ю. А. Израэль, Г. В. Груза, В. М. Катцов, В. П. Мелешко // Метеорология и гидрология. – 2001. – № 5. – С. 5–21.
85. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
86. Инишева, Л. И. Почвенно-экологическое обоснование комплексных мелиораций / Л. И. Инишева. – Томск : Изд-во Томск. ун-та, 1992. – 270 с.
87. Исаева, С. Д. Об определении устойчивости геосистем к мелиоративному и водохозяйственному воздействию / С. Д. Исаева // Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и почвоведения. – М., 1996. – С. 97–117.
88. Исаченко, А. Г. Экологическая география Северо-Запада России / А. Г. Исаченко. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 1995. – 206 с.
89. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 440 с.
90. Калинин, В. М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия / В. М. Калинин. – Тюмень : ТюмГУ, 1998. – 220 с.
91. Квашнин, С. В. Ландшафтно-мелиоративная оценка природно-хозяйственных систем лесостепи Приишимья (на примере малых водосборов) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.23 / С. В. Квашнин. – Барнаул, 2003. – 20 с.
92. Климин М.А., Матрошилов Ю.А., Шамов В.В. Трансформация мелиоративных торфяных почв в Приамурье / Отв. ред. П.В. Ивашов. – Хабаровск; Владивосток: ИВЭП ДВО РАН, 1995. – 131 с.

93. Клышевская, С. В. Изменение содержания микроэлементов в почвах при агромелиорации / С. В. Клышевская // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 10. – С. 45–48.
94. Ковда, В. А. Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1985. – 264 с.
95. Ковда, В. А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В. А. Ковда, И. В. Якушевская, А. Н. Тюрюканов. – М. : Колос, 1959. – 66 с.
96. Ковда, В. А. Научные основы мелиорации земель / В. А. Ковда // Вестник Академии наук СССР. – 1966. – № 9. – С. 18–36.
97. Коган, Р. М. Исследование форм нахождения природных загрязнителей в поверхностных водах р. Бира / Р. М. Коган, Л. О. Рыжкова // Региональные проблемы. – 2010. – Т. 13, № 2. С. 86–91.
98. Козлов, М. Ф. Осушительные мелиорации в Припятском Полесье и их влияние на режим подземных вод / М. Ф. Козлов // Гидрологическая роль торфяных месторождений и использование их в сельском хозяйстве : тез. докл. науч. конф. – Минск : БелНИИМИВХ, 1981. – С. 41–44.
99. Кондратьев, К. Я. Экодинамика и геополитика. Т.1 : Глобальные проблемы / К. Я. Кондратьев, В. К. Донченко. – СПб., 1999. – 1038 с.
100. Корепанов, Д. А. Лесоводственная эффективность осушения избыточно увлажненных земель Волжско-Камского междуречья : дис. . д-ра с.-х. наук : 06.03.03. / Д. А. Корепанов. – Екатеринбург, 2006. – 496 с.
101. Корчоха, Ю. М. Исследования особенностей формирования стока мелиорированных водосборов в условиях: северо-запада Белорусского Полесья / Ю. М. Корчоха, Н. В. Окулик // Мелиорация земель Полесья и охрана окружающей среды. – Киев : УкрНИИГИМ, 1979. – С.34–38.

102. Костенков, Н. М. Почвы и почвенные ресурсы юга Дальнего Востока и их оценка / Н. М. Костенков, В. И. Ознобихин // Почвоведение. – 2006. – № 5. – С. 517–526.
103. Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – 5-е изд., перераб. – М. : Сельхозиздат, 1951. – 750 с.
104. Кочуров, Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б. И. Кочуров. – М. ; Смоленск : Маджента, 2003. – 384 с.
105. Красовский, Г.Н. Недостатки биотестирования при гигиенической оценке сточных вод / Г.Н. Красовский, Н.А. Егорова // Гигиена и санитария. – 2005. – № 3. -- С. 10–13.
106. Красюков, В. Н. Способ определения гумусовых веществ в природных водах / В. Н. Красюков, И. А. Лапин // Бюллетень изобретений. – 1988. – № 12. – С. 175.
107. Кузьмина, И. А. Содержание растворенного кислорода в воде : методические указания / И. А. Кузьмина. – НовГУ, Великий Новгород, 2007. – 12 с
108. Кузьмич, П. К. Охрана водоприемников от загрязнения стоком с осушаемых земель / П. К. Кузьмич, Р. М. Максименко, А. Г. Зозулевич // Гидротехника и мелиорация. – 1984. – № 12. – С. 71–74.
109. Кулаков, В. В. Геохимия подземных вод Приамурья / В. В. Кулаков. – Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2011. – 254 с.
110. Лавров, С. С. Освоение осушенных земель Нечерноземья / С. С. Лавров, В. Н. Ян // Кормопроизводство. – 1985. – №9. – С. 35–37.
111. Ладонин, Д. Л. Взаимодействие гуминовых кислот с тяжелыми металлами / Д. Л. Ладонин, С. Е. Марголина // Почвоведение. – 1997. – № 7. – С. 806–811.
112. Левшина, С. И. Распределение железа в поверхностных водах бассейна Среднего и Нижнего Амура / С. И. Левшина // Водные ресурсы. – 2012. – Т. 39, № 4. – С. 377–384.

113. Линник, П. Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П. Н. Линник, Б. И. Набиванец. – Л. : Гидрометеоиздат, 1986. – 272 с.
114. Линник, Р. П. Сравнительная оценка расчетных и экспериментальных данных о сосуществующих формах железа, кобальта и никеля в пресных поверхностных водах / Р. П. Линник, О. А. Запорожец // Экологическая химия. – 2003. – Т. 12, № 2. – С. 79–92.
115. Ломако, Л. В. Режим биогенных элементов и органического вещества воды некоторых водохранилищ Белоруссии и питающих их рек / Л. В. Ломако // Комплексное изучение водных ресурсов : сб. науч. тр. ВНИИГИМ. – М., 1973. – Вып. 1. – С. 131–139.
116. Лопатина, Е. Б. Оценка природных условий жизни населения / Е. Б. Лопатина, О. Р. Назаревский. – М. : Наука, 1972. – 148 с.
117. Лопатовская, О. Г. Почвенные эколого-мелиоративные комплексы Черемховского Приангарья / О. Г. Лопатовская, В. Н. Михайличенко. – Новосибирск : Наука, 2002. – 94 с.
118. Лыков, А. М. Гумус и плодородие почвы / А. М. Лыков. – М. : Московский рабочий, 1985. – 190 с.
119. Максимов, В. Н. Проблемы комплексной оценки качества природных вод (экологические аспекты) / В. Н. Максимов // Гидробиологический журнал. – 1991. – Т. 27, № 3. – С. 8–13.
120. Манукьян, Д. А. Принципы оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых агроландшафтов / Д. А. Манукьян, А. И. Харламов. – Вестник РАСХН. – 1997. – №1. – С. 55–57.
121. Маркин, В. Н. Прогноз влияния комплексного регулирования факторов жизни растений на вынос питательных веществ из почвы и загрязнение водоприемников : дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / В. Н. Маркин. – М., 1990. – 300 с.

122. Мартынова, М. В. Формы нахождения марганца, их содержание и трансформация в пресноводных отложениях (аналитический обзор) / М. В. Мартынова // Экологическая химия. – 2012. – Т. 21, № 1. – С. 38–52.

123. Маслов, Б. С. Мелиорация вод и земель / Б. С. Маслов. – 3-е изд. доп. – М. : Россельхозакадемия, 2004. – 277 с.

124. Матюшкина, Л. А. Проблемы и принципы эколого-агрохимической оценки состояния почв равнинного Приамурья / Л. А. Матюшкина // Современные проблемы регионального развития : материалы IV междунар. конф. – Биробиджан : ИКАРП ДВО РАН, 2012. – С. 29–30.

125. Матюшкина, Л. А. Почвы / Л. А. Матюшкина, В. Б. Калманова // География Еврейской автономной области: общий обзор [Электронный ресурс] / отв. ред. Е.Я. Фрисман. – Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. – С. 81–87.

126. Мелиорация земель / А. И. Голованов, И. П. Айдаров, М. С. Григоров и др. ; под ред. А. И. Голованова. – М. : КолосС, 2011. – 817 с.

127. Методика выполнения измерений массовой доли водорастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом : РД 52.18.286-91. – М. : Стандартинформ, 1991. – 35 с.

128. Минаев, И. В. Окультуривание минеральных земель и предотвращение загрязнения дренажных вод / И. В. Минаев // Осушение и окультуривание минеральных земель гумидной зоны : тез. докл. Агропром ЭССР. – Таллин, 1983. – С.36–37.

129. Минеев, В. Г. История и состояние агрохимии на рубеже XXI века. Кн. 1 / В. Г. Минеев. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – 615 с.

130. Мирзеханова, З. Г. Методика расчёта потенциальной природной уязвимости территории / З. Г. Мирзеханова, Н. А. Нарбут. – Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 1993. – 50 с.
131. Михайлов, В. Н. Общая гидрология / В.Н. Михайлов, А. Д. Добровольский. – М. : Высшая школа, 1991. – 368 с.
132. Михно, В. Б. Ландшафтно-экологические основы мелиорации / В. Б. Михно. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1995. – 208 с.
133. Михович, А. И. Регулируемое лесосушение / А. И. Михович. – М. : Лесная пром-ть, 1979. – 168 с.
134. Мур, Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах : контроль и оценка влияния : пер. с англ. / Дж. В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 286 с.
135. Мурашко, А. И. Основные аспекты развития теории и практики закрытого дренажа / А. И. Мурашко // Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства. – Минск : Ураджай, 1980. – Вып. XXУШ. – С.54–61.
136. Мурашко, А. И. Осушительно-увлажнительные системы на базе вертикального дренажа в Белорусском Полесье / А. И. Мурашко, П. Н. Костюкович, А. Т. Шпаков // Гидротехника и мелиорация. – 1975. – № 1. – С. 62–69.
137. Нахшина, Е.П. Тяжелые металлы в системе «вода – донные отложения» водоемов (обзор) / Е.П. Нахшина // Гидробиологический журнал. – 1985. – № 2. – С. 80–90.
138. Никаноров, А.М. Мониторинг качества вод: оценка токсичности / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая, Л. В. Бражникова, А. В. Жулидов // – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – С. 159.
139. Николаев, В. А. Ландшафтно-экологические аспекты изучения и оптимизации территориальной структуры

сельскохозяйственных земель / В. А. Николаев // Мелиорация ландшафтов. – М., 1988. – С. 18–30.

140. Никоноров, А. М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А. М. Никоноров, А. В. Жулидов. – Л. : Гидрометеиздат, 1991 – 311 с.

141. Новиков, С. М. Гидрологические аспекты изучения болот / С. М. Новиков // Биология. – 2002. – № 15. – С. 9.

142. Новикова, А. Ф. Почвенно-агроэкологическое районирование Волгоградской области и основные направления комплексных мелиораций / А. Ф. Новикова, М. В. Конюшкова // Аридные экосистемы. – 2008. – Т. 14, № 35–36. – С. 34–46.

143. Окулик, В. А. Изменение химического состава речных вод под влиянием осушения болот и его прогноз / В. А. Окулик // Проблемы мелиоративной географии. – Л., 1983. – С. 70–71.

144. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.

145. Осипов, Г. К. Оценка устойчивости ландшафта к мелиоративному освоению территории с использованием данных дистанционного зондирования / Г. К. Осипов, В. Г. Тимофеев // Региональная экология. – 2006. – № 3–4. – С. 99–105.

146. Оценка химико-экологического состояния водоемов по результатам анализа вод и донных отложений / Н. С. Ларина, Н. А. Шелпакова, С. И. Ларин, А. П. Дунаева // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 7. – С. 56–58.

147. Паламарчук, М. Н. К методике оценки влияния осушения избыточно увлажненных земель на максимальный летне-осенний сток / М. Н. Паламарчук // Изучение и использование водных ресурсов : сб. тр. ЦНИИКИВР. – М. : Наука, 1980. – 193 с.

148. Панов, Е. П. Влияние осушительных мелиораций на природные воды / Е. П. Панов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 6. – С.27–30.

149. Панов, Е. П. Комплексное природно-мелиоративное районирование Нечерноземной зоны РСФСР / Е. П. Панов, Р. А. Филенко, Н. И. Ильиных. – Л. : Изд-во Ленинград. ун-та, 1980. – 231 с.

150. Папченков, В.Г. О классификации макрофитов водоемов и водной растительности / В.Г. Папченков // Экология. – 1985. – № 6. – С. 8–13.

151. Парфенов, В. И. Охрана растительного покрова при мелиорации земель больших регионов / В. И. Парфенов, Г. А. Ким // Проблемы комплексной мелиорации земель и охраны природы. – Киев : УкрНИИГиМ, 1981. – С. 33–37.

152. Пашканг, К. В. Комплексная физическая география : учеб. пособие / К. В. Пашканг. – Смоленск: Универсум, 2000. – 84 с.

153. Перевозников, М. А. Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах / М. А. Перевозников, Е. А. Богданова. – СПб: ГосНИОРХ, 1999. – 228 с.

154. Перехрест, С. М. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы малых рек Украины / С. М. Перехрест, В. С. Перехрест // Вопросы географии. Вып. 118 Малые реки. – М. : Мысль, 1981. – С. 129–138.

155. Петербургский, А. В. Потери питательных веществ из почвы и внесенных удобрений вследствие вымывания / А. В. Петербургский, В. П. Никитишен, В. П. Шабаев // Агрехимия. – 1976. – № 7. – С.144–156.

156. Петров, Е. С. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области / Е.С.Петров, П. В. Новороцкий, В. Т. Леншин. – Владивосток ; Хабаровск : Дальнаука, 2000. – 174 с.

157. Плюснин, И. И. Мелиоративное почвоведение / И. И. Плюснин. – 3-е изд., перераб. – М. : Колос, 1971. – 416 с.

158. ПНД Ф 14.1:2.101-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации растворенного кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод йодометрическим методом. – М. : Госстандарт России, 2007. – 20 с.

159. ПНД Ф 14.1:2.1-95. Количественный химический анализ вод: методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. – М. : Госстандарт России, 2004. – 20 с.

160. ПНД Ф 14.1:2:3.96-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации хлоридов в пробах природных и сточных вод аргентометрическим методом. – М. : Госстандарт России, 2016. – 23 с.

161. Попадьян, Б. Г. Принципы и методы оценки структурно-функционального состояния водных экосистем / Б. Г. Попадьян, В. А. Брызгало, Л. С. Косменко / Антропогенное эвтрофирование природных вод : тез. докл. третьего всесоюз. симп. – Черногоровка, 1983. – С.59–61.

162. Природные ресурсы Еврейской автономной области / В. И. Журнист, Р. М. Коган, Т. Е. Кодякова и др. – Биробиджан : ИКАРП ДВО РАН, 2004. – 112 с.

163. Приходько, Н. Н. Ванадий, хром, никель и свинец в почвах Притиссенской низменности и предгорий Закарпатья / Н. Н. Приходько // Агрехимия. – 1977. – № 4. – С. 114–119.

164. Пространственная и временная изменчивость химического состава вод Куйбышевского водохранилища / Р.Ч. Юранец-Лужаева, О.Ю. Тарасов, Р.Р. Шагидуллин, А.С. Бодяжин // Георесурсы. – 2011. – № 5(41). – С. 18–21.

165. Протасова, Н.А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) в чернозёмах и серых лесных почвах Центрального Черноземья / Н.А.Протасова, А.П Щербаков. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-т, 2003. – 368 с.

166. Пыленок, П. И. Изменение водного режима почв и водоохраные мероприятия в зоне влияния осушительных систем : дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02. – М., 1985. – 222 с.

167. Росликова, В. И. Почвы Приамурья / В. И. Росликова. – Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2006. – 161 с.

168. Росликова, В. И. Почвы Средне-Амурской низменности и их особенности агрогенных трансформаций / В. И. Росликова // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2001. – № 2 (13). – С. 95–102.

169. Рубцова, Т. А. Новое геоботаническое районирование Еврейской автономной области / Т. А. Рубцова, Д. М. Фетисов, А. Н. Гелунов // Вестник ДВО РАН. – 2016. – № 1. – С. 26–37.

170. Рябцева, Г. П. Гидрохимические наблюдения на осушаемых землях в условиях охраны природных вод от загрязнения / Г. П. Рябцева // Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 51. – Киев : Урожай, 1981. – С. 8–9.

171. Рябцева, Г. П. Экспериментальные наблюдения за природными водами при осушении / Г. П. Рябцева, Н. И. Иванушкина // Гидрогеолого-мелиоративное состояние орошаемых и осушаемых земель и методы его контроля : сб. науч. тр. – Киев : УкрНИИГИМ, 1985. – С. 8–15.

172. Савенко, В. С. Экспериментальные методы изучения низкотемпературных геохимических процессов / В. С. Савенко, А. В. Савенко. – М. : ГЕОС, 2009. – 302 с.

173. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды. – М., 1991. – 370 с.
174. Селезнева, А. В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения / А. В. Селезнева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2003. – Т. 5, № 2. – С. 268–277.
175. Скоропанов, С. Г. Мелиорация земель и охрана окружающей среды / С. Г. Скоропанов, В. Ф. Карловский, В. С. Брезгунов. – Минск : Ураджай, 1982. – 166 с.
176. Смоляков, Б. С. Экологические последствия трансформации химических форм металлов-поллютантов в реальном пресном водоеме / Б. С. Смоляков, М. В. Жигула // Химия в интересах устойчивого развития. – 2001. – № 9. – С. 283–291.
177. Смоляков, Б.С. Формы меди, кадмия и свинца в пресных водоемах на севере Западной Сибири / Б.С. Смоляков, В.И. Белеванцев, А.П. Рыжих // Химия в интересах устойчивого развития. 1999. Т.7, № 6. С. 575—583.
178. Сомова, В. И. Методика комплексного природно-мелиоративного районирования / В. И. Сомова // Вопросы географии. Сб. 107. Территориальная дифференциация и типы сельского хозяйства. – М. : Мысль, 1978. – С. 37-50.
179. Станкевич, В. С. Осушение болот грунтового и грунтово-напорного водного питания / В. С. Станкевич // Мелиорация земель нечерноземной зоны РСФСР. – М. : ВНИИГиМ, 1978. – С. 54–58.
180. Степанов, А. Н. Мелиорация тяжелых минеральных почв Приамурья и Приморья / А. Н. Степанов // Гидротехника и мелиорация. – 1969. – № 12. – С. 52–60.

181. Стрельбицкая, Е. Б. Влияние осушительных мелиораций на процессы эвтрофирования малых рек : автореф. дис канд. биол. наук : 03.00.16 / Е. Б. Стрельбицкая. – М., 2003. – 26 с.

182. Сугаченко, А. А. Основные принципы и положения составления эколого-мелиоративного районирования почвенного покрова Предбайкалья / А. А. Сугаченко, О. Г. Лопатовская // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2018. – Т. 23. – С. 78–86.

183. Суриц, О. В. Дефицит фтора, кальция и магния в питьевой воде и его отражение на заболеваемости населения ЕАО : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / О. В. Суриц. – Владивосток, 2009. – 23 с.

184. Темерев, С. В. Формирование и распределение химического стока реки Барнаулки / С. В. Темерев, В. П. Галахов, Ю. Е. Плотникова // Известия Алтайского государственного университета. – 2001. – Т. 21, № 3. – С. 32–37.

185. Тимофеев, В. Г. Эколого-географическая оценка допустимого уровня мелиоративного освоения ландшафтов : автореф. дис. . канд. техн. наук : 06.01.02 / В. Г. Тимофеев. – СПб., 2007. – 18 с.

186. Ткачук, В. Т. Комплексное природное районирование для целей мелиорации / В. Т. Ткачук, И. И. Молодых // Гидротехника и мелиорация. – 1972. – № 3. – С. 4–11.

187. Трансформация мелиорированных торфяных почв в Приамурье / М. А. Климин, Ю. А. Матрошилов, В. В. Шамов и др. ; отв. ред. П. В. Ивашев. – Владивосток ; Хабаровск : Дальнаука, 1995. – 133 с.

188. Трифонов, В. А. Влияние длительного осушения и освоения пойменных почв на химический состав природных вод / В. А. Трифонов // Осушение переувлажненных земель : сб. науч. тр. ВНИИГиМ. – М., 1990. – С. 107–110.

189. Трифонов, К.И. Физико-химические процессы в техносфере / К.И. Трифонов, В.А. Девисилов. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 240 с.
190. Трифонова, Т. А. Эколого-геохимический анализ загрязнения ландшафтов / Т. А. Трифонова, Л. А. Ширкин, Н. В. Селиванова. – Владимир : Владимир Полиграф, 2007. – 169 с.
191. Тюлькин, А. В. Влияние длительного осушения и сельскохозяйственного использования на свойства и продуктивность дерново-подзолистых почв на двучленных отложениях : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 03.00.27 / А. В. Тюлькин. – СПб., 2003. – 21 с.
192. Угланов, И. Н. Мелиорация почв : учеб. пособие / И. Н. Угланов. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 1991. – 126 с.
193. Усович, Н. А. О влиянии мелиорации земель и интенсификации сельского хозяйства на содержание биогенных веществ в речных водах Полесья / Н. А. Усович, Р. В. Жолудева / Комплексное использование водных ресурсов : сб. науч. тр. Вып. 1. – М. : ВНИИГиМ, 1973. – С. 122–130.
194. Усович, Н. А. Прогнозирование качества вод водоприемников осушительно-увлажнительной сети / Н. А. Усович // Использование и охрана природных вод. – Минск, 1985. – С.35–46.
195. Фадеева, М. В. Некоторые вопросы влияния осушения на элементы баланса грунтовых вод / М. В. Фадеева // Режим, баланс и ресурсы подземных вод : науч. тр. – Минск : БелНИГРИ, 1974. – С.23–29.
196. Федоров, А.С. Влияние техногенных факторов на содержание тяжелых металлов в гумусовом горизонте почв и растениях / А.С. Федоров // Почвоведение. – 1988. – № 3. – С. 137–147.
197. Фетисов, Д. М. Развитие землепользования и изменение антропогенной нагрузки на территории российского Приамурья / Д. М.

Фетисов // Устойчивое развитие горных территорий. – 2014. – Т. 6, № 2. – С. 69–75.

198. Ходжибаев, Н. Н. Гидрогеолого-мелиоративное районирование : (на примере Средней Азии) / Н. Н. Ходжибаев. – Ташкент : Фан, 1975. – 144 с.

199. Христофорова, Н. К. Основы экологии / Н. К. Христофорова. – 2-е изд. доп. – Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 2007. – 454 с.

200. Цивин, М. Н. Гидрометрия: теория и практика измерения скорости течения воды в открытых каналах / М. Н. Цивин, П. И. Абраменко. – Киев : ИГиМ, 2003. – 109 с.

201. Черников, В. А. Эколого-геохимические функции водорастворимых органических веществ в процессах взаимодействия и трансформации тяжелых металлов / В. А. Черников, И. М. Яшин // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – № 4. – С. 20–23.

202. Чернов, А. В. География и экологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии / А. В. Чернов. – М. : Крона, 2009. – 673 с.

203. Черных, Н. А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н. А. Черных, Н. З. Милащенко, В. Ф. Ладонин. – М. : Агроконсалт, 1999. – 176 с.

204. Чертко, Н. К. Геохимия : учеб. пособие / Н. К. Чертко. – Минск : БГУ, 2008. – 170 с.

205. Чудаева, В. А. Миграция химических элементов в водах Дальнего Востока / В. А. Чудаева. – Владивосток : Дальнаука, 2002. – 392 с.

206. Чудаева, В. А. Микроэлементы в поверхностных водах бассейна реки Амур / В. А. Чудаева, В. П. Шестеркин, О. В. Чудаев // Водные ресурсы. – 2011. – Т. 38, № 5. – С. 606–617.

207. Чудаева, В. А. Особенности химического состава воды и взвесей рек Приморья (Дальний Восток России) / В. А. Чудаева, О. В. Чудаев // Тихоокеанская геология. – 2011. – Т. 30, № 2. – С. 102–119.

208. Шашуловская, Е. А. О накоплении тяжелых металлов в высшей водной растительности Волгоградского водохранилища / Е. А. Шашуловская // Поволжский экологический журнал. – 2009. – № 4. – С. 357–360.

209. Шведовский, П. В. Мелиорация и природная среда / П. В. Шведовский. – Минск : Ураджай, 1984. – 160 с.

210. Шебеко, В. Ф. Влияние осушительных мелиораций на водный режим территорий / В. Ф. Шебеко. – Минск: Ураджай, 1983. – 200 с.

211. Шестеркин, В. П. Пространственная и сезонная изменчивость химического состава воды Среднего Амура / В. П. Шестеркин, Н. М. Шестеркина // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2012. – № 5. – С. 18–28.

212. Шикломанов, И. А. Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек России / И. А. Шикломанов, В. Ю. Георгиевский // Гидрологические последствия изменений климата: тр. Британско-Российской конф. – Барнаул : Пять плюс, 2009. – С. 143–151.

213. Шкаликов, В. А. Влияние стока с мелиорируемых земель на гидрохимический режим малых рек / В. А. Шкаликов // Рациональное использование и охрана мелиорируемых земель : сб. науч. тр. ВНИИГИМ. – М., 1988. – С.77–87.

214. Штиканс, Ю. А. Влияние извести и минеральных удобрений на потери элементов питания растений при осушении дерново-подзолистой почвы / Ю. А. Штиканс, В. Э. Кажоциньш // Почвоведение. – 1993. – № 3. – С. 50–54.

215. Шулькин, В. М. Изменчивость химического состава речных вод Приморья как индикатор антропогенной нагрузки и ландшафтной структуры водосборов / В. М. Шулькин // Вестник ДВО РАН. – 2009. – № 4 (146). – С. 103–114.

216. Щербакова, Е.Н. Возрастные изменения содержания тяжелых металлов в органах и тканях русского осетра (*Acipenser guldenstadti brandt*) : автореф. дис... канд. биол. наук. : 03.00.16 / Е.Н. Щербакова. – Астрахань, 2004. – 23 с.

217. Эдельштейн, К. К. Антропогенные потоки фосфора в глобальном гидрологическом цикле / К. К. Эдельштейн // Вестник Московского университета. Серия 5: география. – 1997. – № 2. – С. 21–26.

218. Ягов, Г. В. Современные методы определения содержания общего азота и углерода в пробах природных вод / Г. В. Ягов // Вода: химия и экология. – 2009. – № 10. – С. 28–33.

219. An Assessment of the River Water Quality Parameters: A case of Jamuna River / M. N. Uddin, M. S. Alam, M. N. Mobin, M. A. Miah // Journal of Environmental Sciences and Natural Resources. – 2014. – N 7 (1). – P. 249–256.

220. 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.

221. Baham, J. Gel filtration studies of trace metal-fulvic acid solutions extracted from sewage sludges / J. Baham, N. B. Ball, G. Sposito // Journal of Environmental Quality. – 1978. – Vol. 7, N 2. – P. 181–188.

222. Barret, G. W. Landscape ecology: designing sustainable agricultural landscapes / G. W. Barret, // Journal of Sustainable Agriculture. – 1992. – Vol. 2, N 3. – P. 83–103.

223. Braginskiy, L. P. On the Method of Toxicological Experiments with Hydrobionts Using Heavy Metals / L. P. Braginskiy, P. N. Linnik // *Hydrobiological Journal*. – 2003. – Vol. 39, № 3. – P. 73–83
224. Brummer, G. W. Heavy metal species, mobility and availability in soil / G. W. Brummer // *The Importance of Chemical Speciation Environmental Processes*. – Berlin : Springer, 1986. – P. 169–192.
225. Brummer, G. W. Influence of soil reaction and organic matter on the solubility of heavy metals in soils / G. W. Brummer, U. Herms // *Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystem*. – Dordrecht : Springer, 1983. – P. 233–243.
226. Canfield, B. Size Structure and Composition of Trees in Oakwood, Ohio: Historical and Environmental Determinants / B. Canfield, J. Runkle // *The Ohio Journal of Science*. – 1999. – Vol. 99, N 5. – P. 102–110.
227. Diatta, J. B. Mutual Cu, Fe and Mn solubility control under differentiated soil moisture status / J. B. Diatta // *Journal of Elementology*. – 2008. – Vol. 13, № 4. – P. 473–489.
228. Dinu, M. Comparison of Complexing Ability of Fulvic and Humic Acids in the Aquatic Environment with Iron and Zinc Ions / M. Dinu // *Water Resources*. – 2010. – Vol. 37, № 1. – P. 65–69.
229. Direct determination of lead speciation in contaminated soils by EXAFS spectroscopy / Manceau A., Boisset M.C., Sarret G., Hazemann J.L., Mench M., Cambier P., Prost R. // *Environmental Science & Technology*. – 1996. – Vol. 30 (5). – P. 1540–1552.
230. Effects of redox potential and pH value on the release of rare earth elements from soil / X. Cao, Y. Chen, X. Wang, X. Deng // *Chemosphere*. – 2001. – Vol. 44 (4). – P. 655–661.
231. Gachon, L. Reflexions sur l'utilisation des engrais / L. Gachon // *Bulletin technique d'information*. – Vol. 295. – 1974. – P. 839–850.

232. Linnik, P. N. Complexation as the most important factor in the fate and transport of heavy metals in the Dnieper water bodies / P. N. Linnik // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. – 2003. – Vol. 376 (3). – P. 405–412.

233. Lukowski, A. The content and solubility of lead in arable soils of the Podlasie Province (eastern Poland) / A. Lukowski, J. Wiater // *Soil Science Annual*. – 2016. – Vol. 67, № 4. – P. 190–196.

234. Makhinov, A. N. Amur terrigene and chemical discharge formation / A. N. Makhinov // *Report on Amur-Okhotsk Project. Proceedings of the International Kyoto symposium*. – Kyoto : Research Institute for Hymanity and Nature, 2005. – N 3. – P. 61–65.

235. Morin, G. Bacterial formation of tooeleite and mixed arsenic (III) or arsenic (V) – iron (III) gels in the Carnoules acid mine drainage / G. Morin, F. Juillot, C. Casiot, O. Bruneel, J. C. Persone, F. Elbaz-poulichet, M. Leblanc, P. Ildefonse, G. Calas // *Environ. Sci. Technol.* – 2003. – Vol. 37. – P. 1705–1712.

236. Manceau, A. Quantitative Speciation of Heavy Metals in Soils and Sediments by Synchrotron X-ray Techniques / A. Manceau, M. A. Marcus, N. Tamura // *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. – 2002. – Vol. 49 (1). – P. 341–428.

237. Natural speciation of Zn at the micrometer scale in a clayey soil using X-ray fluorescence, absorption, and diffraction / A. Manceau, M. A. Marcus, N. Tamura, O. Proux, N. Geoffroy, B. Lanson // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2004. – Vol. 68 (11). – P. 2467–2483.

238. Sources of phosphorus exported from an agricultural watershed in Pennsylvania / A. N. Sharpley, W. J. Gburek, G. Folmar, H. B. Pionke // *Agricultural Water Management*. – 1999. – Vol. 41 (2). – P. 77–89.

239. Vink, A. P. Landscape ecology and land use / A. P. Vink. – London ; New York : Longman Publishing Group, 1983. – 264 p.

240. Wood, J. M. Biological cycles for toxic elements in the environment / J. M. Wood // *Science*. – 1974. – Vol. 183. – P. 1049–1052.

241. Wood, J. M. Biological processes involved in the cycling of elements between soil or sediments and the aqueous environment / J. M. Wood // *Hydrobiologia*. – 1987. – Vol. 149. – P. 31–42.

242. Yeats, P.A. Trace metals in sea waters: Sampling and storage methods. / P.A. Yeats // *Techniques in marine environmental sciences*. – 1987. – Vol. 2. – P. 1–8.

243. 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, № 7. – P. 940–951.