

УДК 631.62:502(571.621)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОТОКОВ СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В РАЙОНАХ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ

© 2016 г. В. А. Зубарев, Р. М. Коган

*Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения РАН,
ул. Шолом-Алейхема, 4, Биробиджан, 679016 Россия.*

E-mail: Zubarev_1986@mail.ru; Koganrm@mail.ru

Поступила в редакцию 25.08.2015 г.

После исправления 27.01.2016 г.

Определено влияние осушительной мелиорации на процессы транзита и аккумуляции тяжелых металлов и некоторых поллютантов в малых реках на территории Среднеамурской низменности. Исследование проводили в различные фазы гидрологического режима и при различной степени затопления пойм. Особенности формирования гидрологического режима малых рек на рассматриваемой территории определяются значительной неравномерностью стока в течение года. Сезонность паводочных периодов обуславливает необходимость отбора проб воды до начала весеннего половодья (апрель) и после прохождения паводков (сентябрь–октябрь), а также при различной степени затопления пойм. Полевые исследования водотоков проведены с 2009 по 2014 г. Пробы анализировались по показателям: водорастворимые формы тяжелых металлов (железо, марганец, медь, никель, кобальт, свинец и цинк); взвешенные вещества; общий, растворенный и взвешенный органический углерод; гуминовые и фульвокислоты; легколетучие органические соединения. Показано, что на подвижность тяжелых металлов в поверхностных водотоках оказывают влияние дренажный и поверхностный сток с почвенных горизонтов, увеличение концентрации взвешенных и органических соединений, особенно фульвокислот, которые повышают их геохимическую подвижность. Во время наводнений под действием увеличения смыва тяжелых металлов из пойменных почв и разбавления их концентрации происходит формирование однотипного концентрационного ряда тяжелых металлов. Кроме того, на процессы миграции поллютантов оказывают влияние изменение геоморфологических характеристик пойменно-русловых комплексов и уменьшение скорости течения воды в водотоках в районах проведения осушительной мелиорации. Тем самым все перечисленные выше факторы приводят к уменьшению индекса загрязнения воды в реке.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, поверхностные воды, малые реки, Среднеамурская низменность.*

ВВЕДЕНИЕ

Реки Дальнего Востока России — основные источники питьевого водоснабжения для населения сопредельных государств, расположенных в бассейне р. Амура. Их состояние определяется комплексом факторов природного происхождения, связанных с неустойчивостью водного режима в условиях муссонного климата средних широт, слабой способностью водных экосистем к самовосстановлению, особенностями формирования химического состава воды в пределах различных ландшафтов, на которые накладывается влияние разнообразных видов антропогенеза, особенно в бассейнах малых рек [7]. Известно, что малые реки имеют большое экологическое значение, поскольку являются основой гидрографической

сети, формируют сток больших водотоков, определяют качество их вод, но при этом они очень чувствительны к различным видам антропогенной нагрузки и отвечают на нее негативными изменениями, которые ухудшают или ограничивают водопользование [15]. Например, на юге Дальнего Востока России в Еврейской автономной области (ЕАО), расположенной в бассейне р. Амура, формируется свыше 5000 водотоков, в основном малых [14]. Значительные колебания уровней воды в реках в различных фазах гидрологического режима, формирование дождевых паводков в летнее время (июнь–сентябрь–октябрь) и катастрофических наводнений с периодичностью один раз в 200–300 лет [3] приводят к серьезным изменениям площади затопления пойм и прилегающих территорий и, как следствие, к ежегод-

Таблица 1. Характеристика малых водотоков, подверженных влиянию осушительной сельскохозяйственной мелиорации на территории Среднеамурской низменности [1, 4]

Водоток (порядок)	Длина водотока, км	Площадь водосбора, км ²	Тип пойменных почв	Площадь осушения, га (% от площади бассейна)	Длина осушительных каналов, км
Ульдура (1)	15	160	подзолисто- буроземные глинистые и суглинистые	1429 (20)	98.7
Грязнушка (2)	32	191		3139 (55)	224
Солонечная (2)	52	484		536 (40)	423
Вертопрашиха (2)	42	281	лугово- глинистые	3942 (30)	272
Осиновка (2)	56	530	лугово- болотные	9854 (30)	450

ному изменению качества воды в поверхностных водотоках. Один из видов антропогенной нагрузки на реки – использование мелиорированных земельных ресурсов в пределах пойменно-русловых комплексов, т.к. мелиорация земель является единственной возможностью включения их в активный сельскохозяйственный оборот [10, 11].

Содержание тяжелых металлов (ТМ) в воде – наиболее объективный и надежный показатель оценки экологического состояния водоема, поскольку они относятся к основным веществам, загрязняющим водные экосистемы, и их пространственное распределение зависит от характера водосбора, гидрологического и гидрохимических режимов [6, 18]. В отличие от органических веществ ТМ не подвержены разложению, способны к процессам комплексообразования, гидролиза, окисления–восстановления, могут мигрировать и накапливаться в различных компонентах речных экосистем [29].

Цель работы – исследование факторов, влияющих на процессы транзита и аккумуляции ТМ и некоторых поллютантов в те или иные фазы гидрологического режима и при различной степени затопления пойм для оценки экологического состояния малых рек в районах мелиорации на территории ЕАО.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования – малые водотоки, протекающие в южной части автономии на территории Среднеамурской аллювиальной низменности, удаленные от других источников техногенного за-

грязнения (горнодобывающая и лесная промышленность, населенные пункты) и являющиеся водоприемниками дренажных вод от осушительных мелиорационных систем (табл. 1). Для осушения пойм и прилегающих территорий используется одинаковый способ: мелиорационная система с открытыми собирателями трапецеидальной формы и отводящими магистральными каналами для сброса дренажных стоков в поверхностные воды [12, 13].

В гидрологическом режиме малых рек автономии четко прослеживаются следующие фазы: зимняя межень, весеннее половодье, летне-осенние паводки [19].

Зимняя межень – наиболее длительная по продолжительности (ноябрь – апрель) и в то же время маловодная фаза водного режима; ее продолжительность колеблется от 100–200 сут в зависимости от характера зимы. В этот период дождевое питание отсутствует, грунтовое снижается почти до нуля, и малые водотоки промерзают до дна. Вскрытие рек происходит почти одновременно на всей рассматриваемой территории в конце 2-й – начале 3-й декады апреля.

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 до 1.0 м/сут. Превышение максимума весеннего половодья над низким уровнем воды зимнего периода составляет в среднем 70–125 см. Продолжительность спада половодья по сравнению с подъемом не-

сколько больше. Наиболее интенсивный спад зафиксирован в первые 3–5 сут после прохождения максимума половодья.

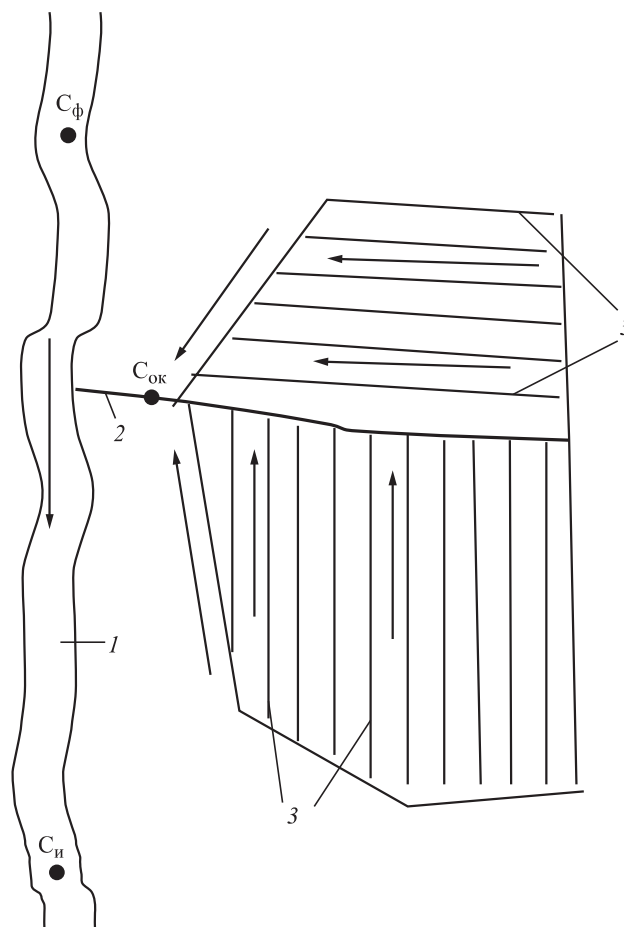
Летняя межень на малых реках, как правило, практически не выражена; она не типична и наблюдается в маловодные засушливые годы.

Вторая наиболее значимая для условий территории ЕАО фаза водного режима рек – дождевые паводки летне-осеннего периода, обусловленные обильными дождями, начинающимися со 2-й половины лета. Средняя продолжительность паводков изменяется от 10 до 37 сут; в отдельные годы она может либо повышаться до 60, либо снижаться до 5 сут. 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. В результате поздней весны значительная часть талой воды осталась в почвогрунтах, и их впитывающая способность оказалась минимальной, поэтому большая часть атмосферных осадков стекала 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 2-й декаде мая на 3–5 сут позже средних многолетних сроков. По сравнению с предыдущими годами русловые запасы воды на конец мая были в 2–2.5 раза больше. В июне 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 1.5 м, тем самым приводя к затоплению значительной территории [2].

Таким образом, особенности формирования гидрологического режима малых рек в ЕАО определяются значительной неравномерностью стока в течение года. Сезонность паводочных периодов обуславливает необходимость отбора проб воды до начала весеннего половодья (апрель) и после прохождения паводков (сентябрь–октябрь), а также при различной степени затопления пойм.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования водотоков проведены с 2009 по 2014 г. Отбор проб воды осуществлялся выше и ниже мест проведения мелиорацион-



Точки отбора проб поверхностных вод: C_{ϕ} – выше и $C_{и}$ – ниже проведения мелиоративных работ, $C_{ок}$ – дренажных вод в магистральном канале: 1 – водоток-водоприемник дренажных вод, 2 – магистральный канал, 3 – осушительные каналы.

ных работ и при впадении дренажных каналов в весеннее половодье и после прохождения летне-осеннего паводочного периода в соответствии с ГОСТ 51592-2000 [9]. Точки отбора проб обозначены как фоновые (C_{ϕ}), исследуемые ($C_{и}$) и воды осушительного канала ($C_{ок}$) (рисунок). Общее число всех проб за исследуемый период – 540. Образцы отбирались в пластиковые бутылки, упаковывались в темные пакеты и хранились в изотермическом холодильнике при отрицательной температуре.

Пробы анализировались по следующим показателям: водорастворимые формы тяжелых металлов (ТМ), типичных для Буреинской ландшафтно-геохимической провинции – железо и марганец, и характерные антропогенные загрязнители данной территории – медь, никель, кобальт, свинец и цинк (аналитик – Зубарев В. А., аппаратурная база ИКАРП ДВО РАН, г. Биробиджан); взвешенные вещества; общий, растворенный и взвешен-

ный органический углерод; гуминовые и фульвокислоты (аналитик – Левшина С. И., ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск); легколетучие органические соединения (аналитик – Жуков А. Г., ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск).

Водорастворимые формы тяжелых металлов по РД 52.18.286-91 определялись методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) на приборе «ThermoElectron SOLAAR6M» [21]. Компьютерное управление процессом измерения и обработка информации производилась в трехкратной повторяемости методом градировочного графика с автоматическим расчетом доверительного интервала.

Взвешенные вещества по РД 52.24.468-200 исследовались методом гравиметрии, после фильтрования пробы через фильтр с диаметром пор 0.45 мкм и взвешивания полученного осадка после высушивания его до постоянной массы [22].

Для определения общего органического углерода по ГОСТ 52991-2008 проводилось окисление соединений углерода, находящихся в пробе воды, при температуре от 550 до 1000°C в присутствии кислорода и катализатора (0.01N HCl) до диоксида углерода (IV) с последующим определением на анализаторе TOC-Ve («Shimadzu», Япония). Принцип определения общего органического углерода описан в работе Г. В. Ягова [27].

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) [8]; взвешенный органический углерод по И. В. Тюрину с фотометрическим окончанием по Д. С. Орлову [5].

Гуминовые и фульвокислоты извлекали из отфильтрованной воды путем концентрирования и отделения гумусовых веществ на целлюлозном анионообменнике–диэтиламиноэтилцеллюлозе – и определяли фотометрически [17].

Измерение концентраций летучих органических соединений [20] выполняли методом газовой хроматографии на хроматографе Кристалл-5000.1 с капиллярной колонкой HP-FFAP 50*0.32*0.5 и пламенно-ионизационным детектором. Условия хроматографирования: температура испарения – 150°C, температура пламенно-ионизационного детектора – 220°C, хроматографическая разгонка при программировании температуры от 50 до 200°C, газ-носитель – азот.

Измерения скорости течения проводились при помощи гидрологической вертушки ГР-99 [26].

Индекс загрязнения воды (ИЗВ) рассчитан по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \sum_{i=1}^n \frac{\frac{C_i}{\text{ПДК}_{\text{р.х.}}}}{n},$$

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Антропогенная нагрузка на водные объекты диффузными источниками, связанными с сельскохозяйственным производством, может проявляться в изменении экологического состояния всех компонентов пойменно-русловых комплексов [23].

Многочисленными исследованиями было показано, что тяжелые металлы (и органические вещества) при попадании в водоток превращаются в более токсичные формы по сравнению с исходными [24], но в первую очередь авторов интересовали водорастворимые формы, как наиболее доступные для гидробионтов и регламентируемые в водоемах различного назначения.

При проведении осушительной мелиорации в пределах водосборной территории вынос веществ в поверхностные водотоки обусловлен процессами жидкого (водного) и твердого стоков, которые зависят от многих факторов, основные из которых: характеристики водосборного бассейна, площадь мелиорирования, свойства поллютантов. При этом значительную роль имеет атмосферное увлажнение, определяющее объем воды для поверхностного и подземного транзита загрязняющих веществ. Осадки также могут привести к затоплению пойм, если их количество превышает дренажный сток. Площадь и период затопления пойм в данной работе учитывались как степень их затопления: без затопления (2010, 2011, 2012, 2014 гг.), с затоплением (2009 г.), с затоплением пойм и прилегающих территорий (2013 г.).

Во всех исследуемых водотоках фоновые концентрации ($C_{\text{ф}}$) значительно различались, причем содержание природных поллютантов на несколько порядков выше, чем природно-антропогенных (табл. 2, 3). В весенний период наибольшие концентрации (в мг/дм³): Fe – 2.6, Mn – 0.9, Cu – 0.03, Pb – 0.15, Zn – 0.03, обнаружены в основном в ре-

Таблица 2. Содержание растворимых форм тяжелых металлов в малых реках в районах мелиорационных работ на территории Еврейской автономной области в период умеренного атмосферного увлажнения (2010, 2011, 2012, 2014 гг.)

ТМ	Точка отбора проб	Название водотоков										Осиновка
		Ульдура		Грязнушка		Солонечная		Вертопрашиха				
		концентрация, мг/дм³										
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Fe (0.3)	C _ф	<u>1.24-1.53</u> 1.41	<u>1.19-3.22</u> 1.99	<u>0.62-1.32</u> 1.10	<u>1.13-3.84</u> 2.15	<u>0.5-1.43</u> 1.12	<u>1.21-2.95</u> 1.92	<u>0.32-1.16</u> 0.81	<u>1.29-1.96</u> 1.65	<u>1.21-2.06</u> 1.56	<u>1.42-4.53</u> 2.61	
	C _и	<u>1.54-1.92</u> 1.67	<u>3.11-4.32</u> 3.82	<u>1.47-1.82</u> 1.69	<u>1.13-3.87</u> 2.66	<u>1.68-3.18</u> 2.27	<u>0.96-2.14</u> 1.45	<u>1.02-1.24</u> 1.04	<u>1.72-2.61</u> 2.19	<u>1.84-2.56</u> 2.23	<u>1.11-3.93</u> 2.15	
	C _{ок}	<u>1.54-1.90</u> 1.67	<u>1.43-5.62</u> 3.17	<u>1.62-2.90</u> 2.18	<u>1.79-5.03</u> 2.99	<u>1.95-2.28</u> 2.08	<u>2.21-3.63</u> 2.80	—	—	<u>2.07-3.23</u> 2.53	<u>1.85-4.72</u> 2.81	
Mn (0.1)	C _ф	<u>0.01-0.57</u> 0.29	<u>0.02-0.53</u> 0.33	<u>0.01-0.31</u> 0.21	<u>0.02-1.09</u> 0.49	<u>0.01-0.90</u> 0.43	<u>0.02-0.75</u> 0.33	<u>0.01-0.19</u> 0.08	<u>0.02-0.78</u> 0.37	<u>0.01-0.31</u> 0.18	<u>0.01-0.71</u> 0.43	
	C _и	<u>0.02-0.91</u> 0.54	<u>0.03-1.51</u> 0.69	<u>0.01-0.46</u> 0.32	<u>0.01-0.26</u> 0.17	<u>0.01-1.05</u> 0.56	<u>0.02-0.37</u> 0.15	<u>0.01-0.61</u> 0.31	<u>0.08-0.80</u> 0.32	<u>0.01-0.92</u> 0.39	<u>0.01-0.43</u> 0.19	
	C _{ок}	<u>0.02-0.57</u> 0.29	<u>0.03-1.97</u> 0.88	<u>0.01-0.72</u> 0.41	<u>0.02-0.51</u> 0.19	<u>0.05-1.44</u> 0.65	<u>0.04-0.45</u> 0.22	—	—	<u>0.01-0.42</u> 0.27	<u>0.01-0.52</u> 0.32	
Zn (1)	C _ф	<u>0.00-0.03</u> 0.01	<u>0.00-0.03</u> 0.01	<u>0.00-0.02</u> 0.01	<u>0.00-0.02</u> 0.01	<u>0.01-0.02</u> 0.01	<u>0.01-0.02</u> 0.01	<u>0.01-0.02</u> 0.01	<u>0.01-0.02</u> 0.01	<u>0.01-0.02</u> 0.01	<u>0.01-0.02</u> 0.01	
	C _и	<u>0.00-0.05</u> 0.02	<u>0.00-0.06</u> 0.02	<u>0.00-0.06</u> 0.03	<u>0.00-0.09</u> 0.03	<u>0.01-0.03</u> 0.02	<u>0.00-0.03</u> 0.01	<u>0.02-0.03</u> 0.02	<u>0.01-0.02</u> 0.01	<u>0.02-0.05</u> 0.03	<u>0.00-0.08</u> 0.04	
	C _{ок}	<u>0.00-0.03</u> 0.02	<u>0.00-0.03</u> 0.01	<u>0.00-0.10</u> 0.04	<u>0.00-0.03</u> 0.01	<u>0.00-0.03</u> 0.02	<u>0.00-0.07</u> 0.03	—	—	<u>0.00-0.04</u> 0.02	<u>0.00-0.03</u> 0.01	
Pb (0.03)	C _ф	<u>0.00-0.05</u> 0.04	<u>0.00-0.06</u> 0.03	<u>0.03-0.04</u> 0.03	<u>0.03-0.06</u> 0.05	<u>0.00-0.12</u> 0.06	<u>0.14-0.18</u> 0.16	<u>0.07-0.16</u> 0.12	<u>0.09-0.24</u> 0.16	<u>0.15-0.19</u> 0.17	<u>0.18-0.19</u> 0.18	
	C _и	<u>0.00-0.08</u> 0.04	<u>0.00-0.19</u> 0.14	<u>0.00-0.14</u> 0.11	<u>0.07-0.33</u> 0.25	<u>0.01-0.14</u> 0.12	<u>0.14-0.16</u> 0.15	<u>0.10-0.21</u> 0.14	<u>0.11-0.20</u> 0.16	<u>0.10-0.25</u> 0.18	<u>0.11-0.12</u> 0.11	
	C _{ок}	<u>0.00-0.07</u> 0.04	<u>0.00-0.08</u> 0.07	<u>0.00-0.22</u> 0.11	<u>0.00-0.24</u> 0.14	<u>0.00-0.19</u> 0.17	<u>0.00-0.23</u> 0.19	—	—	<u>0.00-0.25</u> 0.13	<u>0.00-0.37</u> 0.23	
Cu (0.1)	C _ф	<u>0.00-0.09</u> 0.08	<u>0.00-0.08</u> 0.07	<u>0.00-0.15</u> 0.12	<u>0.00-0.10</u> 0.09	<u>0.00-0.06</u> 0.05	<u>0.00-0.04</u> 0.03	<u>0.00-0.04</u> 0.03	<u>0.00-0.03</u> 0.03	<u>0.02-0.04</u> 0.03	<u>0.00-0.04</u> 0.03	
	C _и	<u>0.00-0.17</u> 0.13	<u>0.00-0.07</u> 0.06	<u>0.00-0.20</u> 0.16	<u>0.08-0.09</u> 0.08	<u>0.00-0.06</u> 0.03	<u>0.00-0.04</u> 0.03	<u>0.00-0.06</u> 0.05	<u>0.00-0.11</u> 0.05	<u>0.04-0.06</u> 0.05	<u>0.00-0.09</u> 0.08	
	C _{ок}	<u>0.00-0.18</u> 0.09	<u>0.00-0.11</u> 0.07	<u>0.00-0.32</u> 0.15	<u>0.00-0.10</u> 0.05	<u>0.00-0.11</u> 0.05	<u>0.00-0.07</u> 0.04	—	—	<u>0.00-0.06</u> 0.03	<u>0.00-0.11</u> 0.05	
Ni (0.1)	C _ф	<u>0.01-0.07</u> 0.04	<u>0.05-0.06</u> 0.06	<u>0.01-0.11</u> 0.06	<u>0.07-0.09</u> 0.08	<u>0.04-0.12</u> 0.07	<u>0.07-0.09</u> 0.08	<u>0.05-0.09</u> 0.06	<u>0.06-0.07</u> 0.06	<u>0.03-0.12</u> 0.07	<u>0.03-0.07</u> 0.06	

Таблица 2 (окончание)

ТМ	Точка отбора проб	Название водотоков											
		Ульдура		Грязнушка		Солонечная		Вертопрашиха		Осиновка			
		концентрация, мг/дм ³											
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Ni (0.1)	C _и	<u>0.02–0.11</u> 0.06	<u>0.02–0.03</u> 0.02	<u>0.04–0.15</u> 0.09	<u>0.04–0.05</u> 0.05	<u>0.04–0.15</u> 0.09	<u>0.03–0.04</u> 0.04	<u>0.04–0.12</u> 0.08	<u>0.04–0.06</u> 0.05	<u>0.04–0.15</u> 0.09	<u>0.04–0.05</u> 0.05		
	C _{ок}	<u>0.02–0.09</u> 0.05	<u>0.00–0.10</u> 0.05	<u>0.05–0.24</u> 0.13	<u>0.00–0.06</u> 0.03	<u>0.12–0.19</u> 0.16	<u>0.00–0.20</u> 0.09	–	–	<u>0.06–0.17</u> 0.13	<u>0.00–0.10</u> 0.06		
Co (0.1)	C _ф	<u>0.00–0.06</u> 0.02	<u>0.00–0.06</u> 0.04	<u>0.00–0.05</u> 0.02	<u>0.00–0.09</u> 0.04	<u>0.00–0.08</u> 0.06	<u>0.00–0.09</u> 0.05	<u>0.04–0.08</u> 0.05	<u>0.06–0.07</u> 0.06	<u>0.04–0.12</u> 0.08	<u>0.07–0.09</u> 0.08		
	C _и	<u>0.03–0.07</u> 0.05	<u>0.02–0.03</u> 0.03	<u>0.5–0.07</u> 0.06	<u>0.04–0.05</u> 0.05	<u>0.06–0.08</u> 0.04	<u>0.03–0.04</u> 0.04	<u>0.06–0.08</u> 0.07	<u>0.03–0.04</u> 0.03	<u>0.05–0.15</u> 0.10	<u>0.04–0.05</u> 0.05		
	C _{ок}	<u>0.05–0.08</u> 0.06	<u>0.00–0.05</u> 0.03	<u>0.06–0.11</u> 0.08	<u>0.00–0.06</u> 0.04	<u>0.03–0.09</u> 0.06	<u>0.00–0.09</u> 0.06	–	–	<u>0.03–0.16</u> 0.07	<u>0.00–0.03</u> 0.02		

Примечание. 1 – весеннее половодье, 2 – спад воды после весенне-летнего паводка. Числитель: первая цифра – минимальное, вторая – максимальное; знаменатель – среднее содержание; «–» – нет данных.

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в малых реках в районах мелиорационных работ на территории Еврейской автономной области при затоплении пойм (2009 г.) и прилегающих территорий (2013 г.)

Тяжелый металл (ПДКр.х.)	Точка отбора проб	Название водотоков											
		Ульдура		Грязнушка		Солонечная		Вертопрашиха		Осиновка			
		концентрация, мг/дм ³											
		1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Fe	C _ф	2.20	0.36–4.50 2.43	3.06	0.63–4.30 2.46	2.30	1.55–3.10 2.32	1.00	0.36–1.70 1.03	2.30	1.56–2.00 1.78		
	C _и	5.10	0.85–6.60 3.72	6.80	0.12–7.40 4.26	5.80	3.09–4.80 3.94	2.60	0.95–4.20 2.57	4.60	1.44–3.80 2.62		
	C _{ок}	2.86	0.95–7.20 4.07	7.04	1.25–8.14 4.69	5.98	4.25–5.27 4.76	–	–	5.75	2.33–3.80 3.06		
Mn	C _ф	0.20	0.02–0.30 0.16	0.20	0.07–0.20 0.13	0.60	0.13–0.70 0.41	0.80	0.01–0.80 0.40	0.20	0.50–0.20 0.35		
	C _и	0.60	0.03–0.50 0.26	0.30	0.13–0.40 0.26	0.70	0.19–0.90 0.54	1.10	0.04–1.00 0.52	0.60	0.30–0.80 0.55		

Таблица 3 (окончание)

Тяжелый металл (ПДКр.х.)	Точка отбора проб	Название водотоков									
		Ульдура		Грязнушка		Солонечная концентрация, мг/дм ³		Вертопрашиха		Осиновка	
		1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**
		1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Mn	C _{ок}	0.26	0.09–0.48 0.28	0.46	0.16–0.44 0.31	1.56	0.23–1.19 0.71	–	–	0.50	0.42–0.38 0.40
Zn	C _ф	0.04	0.01–0.06 0.03	0.03	0.02–0.05 0.03	0.04	0.04–0.03 0.03	0.02	0.03–0.05 0.04	0.03	0.03–0.04 0.03
	C _и	0.09	0.06–0.11 0.08	0.12	0.09–0.17 0.13	0.03	0.06–0.06 0.06	0.02	0.05–0.06 0.05	0.11	0.10–0.15 0.12
	C _{ок}	0.05	0.09–0.10 0.09	0.19	0.09–0.19 0.14	0.10	0.06–0.05 0.05	–	–	0.08	0.20–0.08 0.14
	C _ф	0.05	0.08–0.08 0.08	0.04	0.18–0.08 0.13	0.15	0.19–0.10 0.14	0.16	0.21–0.24 0.22	0.20	0.20–0.26 0.23
Pb	C _и	0.10	0.016–0.25 0.21	0.18	0.22–0.44 0.32	0.32	0.26–0.22 0.24	0.15	0.25–0.21 0.23	0.12	0.30–0.15 0.22
	C _{ок}	0.07	0.06–0.13 0.09	0.29	0.43–0.48 0.45	0.39	0.36–0.17 0.26	–	–	0.50	0.56–0.49 0.52
	C _ф	0.04	0.00–0.06 0.03	0.06	0.00–0.07 0.03	0.06	0.00–0.07 0.04	0.03	0.00–0.04 0.02	0.05	0.00–0.06 0.03
	C _и	0.08	0.00–0.10 0.05	0.07	0.00–0.09 0.04	0.09	0.00–0.10 0.05	0.05	0.00–0.07 0.04	0.08	0.00–0.10 0.05
Ni	C _{ок}	0.05	0.00–0.10 0.05	0.14	0.00–0.10 0.05	0.16	0.00–0.12 0.06	–	–	0.13	0.00–0.11 0.05
	C _ф	0.20	0.00–0.30 0.15	0.10	0.00–0.20 0.10	0.30	0.00–0.30 0.15	0.20	0.00–0.20 0.10	0.20	0.00–0.30 0.15
	C _и	0.30	0.00–0.40 0.20	0.20	0.00–0.30 0.15	0.40	0.00–0.50 0.25	0.30	0.00–0.30 0.15	0.30	0.00–0.40 0.20
	C _{ок}	0.26	0.00–0.48 0.24	0.23	0.00–0.33 0.16	0.78	0.00–0.51 0.26	–	–	0.50	0.00–0.57 0.28

Примечание. 1* – 2009 г. В столбце 2** – числитель; первая цифра – 2013 г., вторая – 2009 г.; знаменатель – среднее содержание.

ках Осинówka и Солонечная в 2009 г. К зимней межени увеличивалось содержание водорастворимых форм ТМ, которое зависит от состояния пойм. Например, в сухих поймах концентрации Fe, Mn, Cu и Pb увеличились в 1.5–2.5 раза, в затопленных поймах концентрации Fe и Mn снизились в 2.5 раз, а Pb, Zn увеличились в 1.5 раза.

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 Ульдура и Солонечная, в которых концентрация Fe, Mn, Cu, Pb, Zn выше примерно в 1.5–3 раза по сравнению с фоном.

Формирование химического состава воды во время наводнений происходит под действием увеличения смыва ТМ из пойменных почв и уменьшения их концентрации вследствие разбавления паводком. Значительное выпадение осадков и последующее за ним затопление пойм (2009 г.) и прилегающих к ним территорий (2013 г.) должны были привести к увеличению смыва ТМ из почв, но одновременно происходящий подъем уровня рек может нивелировать процессы накопления поллютантов в водоемах вследствие их большого разбавления. Так, в период наводнения (2013 г.) наблюдалось уменьшение содержания таких ТМ, как Fe (в 2–4 раза), Mn (в 2–90 раз), Zn (в 2 раза); не обнаруживаются Cu, Ni и Co, но в некоторых водотоках произошло накопление поллютантов, в основном Pb (реки Грязнушка, Солонечная, Осинówka).

В водных экосистемах – 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 [16, 25], в качестве последних могут выступать взвешенные и органические вещества, поступающие в водотоки при дренировании почвенных горизонтов мелиорационными системами.

Транзит взвешенных веществ (ВВ) из пойменных почв зависит от их 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 2010–2012, 2014 гг. в исследуемых точках в реках Ульдура

и Грязнушка среднее содержание ВВ по сравнению с фоном увеличилось в 3.5 раза; в реках Вертопрашиха и Солонечная – в 1.3 раза, но в р. Осинówka оно уменьшилось в 2 раза (табл. 4). Следовательно, затопление пойм в основном 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 [22].

Органические соединения, особенно фульвокислоты, могут привести к повышению геохимической подвижности различных металлов, особенно Fe, Ni, Co и Cu, и их соединений за счет реакций ионного обмена, комплексообразования и стабилизирующего действия на коллоидные растворы, что способствует увеличению содержания водорастворимых форм ТМ [28]. Концентрации общего органического углерода в фоновых точках составляет 3.5–8.43 мгС/дм³; в исследуемых точках его концентрации примерно в 1.5 раз больше, за исключением реки Кулемной (табл. 5). Органический углерод находится в основном в растворенном виде – от 2 до 10 мгС/дм³ (92%), и незначительно – в 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 быть одной из причин увеличения содержания растворимых форм ТМ в малых водотоках в районах мелиорации.

Легколетучие органические вещества в фоновых точках не обнаружены, а в исследуемых найдены в следовых количествах, что является еще одним доказательством того, что основной источник антропогенного прессинга на водоемы – дренирование мелиорационными системами.

В отсутствие затопления поймы транзит ТМ в водоемы в естественных условиях (фоновые точки) под влиянием рассмотренных выше факторов в значительной степени определяется свойствами пойменных почв, с которых происходит поверхностный смыв. В этих точках расположение ТМ в концентрационных рядах (кроме Fe, Mn и Zn) отличается для водотоков разными типами почв: для рек Ульдура, Грязнушка с подзолистыми буроземными глинистыми и суглинистыми, для

Таблица 4. Среднее содержание (и стандартное отклонение) взвешенных веществ в пробах речной воды в районах мелиорационных работ на территории Еврейской автономной области

Год	Точки отбора проб	Водотоки									
		Ульдура		Грязнушка		Вертопрашиха		Солонечная		Осиновка	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
концентрация, мг/дм³											
2010	C _ф	43.60 ±1.57	52.30 ±1.10	18.60 ±0.23	23.90 ±2.22	49.60 ±1.44	56.60 ±2.22	79.60 ±0.66	89.60 ±1.37	99.30 ±1.59	102.30 ±1.22
	C _и	56.68 ±2.96	67.99 ±1.96	24.18 ±1.11	31.07 ±1.36	64.48 ±2.44	73.58 ±1.89	103.48 ±3.16	116.48 ±2.89	129.09 ±3.57	132.99 ±2.39
2011	C _ф	23.54 ±1.44	28.24 ±3.33	10.04 ±2.02	12.91 ±0.99	26.78 ±0.11	30.56 ±2.22	42.98 ±1.12	48.38 ±3.11	53.62 ±1.09	55.24 ±1.65
	C _и	30.61 ±5.23	36.71 ±2.87	13.06 ±0.21	16.78 ±1.44	34.82 ±1.12	39.73 ±3.23	55.88 ±1.16	62.90 ±2.36	69.71 ±1.01	71.81 ±0.25
2012	C _ф	20.20 ±1.36	53.30 ±1.23	6.50 ±1.11	16.90 ±0.98	17.50 ±1.28	16.50 ±2.23	25.40 ±2.11	26.13 ±1.11	103.80 ±2.44	99.80 ±0.69
	C _и	72.50 ±2.15	69.29 ±2.63	23.30 ±2.22	38.70 ±2.69	19.80 ±1.23	21.46 ±1.14	34.20 ±1.78	39.80 ±2.54	62.70 ±1.22	68.70 ±3.55
2013	C _ф	—	80.80 ±4.44	—	56.00 ±3.98	—	41.60 ±1.66	—	96.60 ±3.13	—	215.20 ±4.89
	C _и	—	110.00 ±2.36	—	93.20 ±5.25	—	46.80 ±2.31	—	207.20 ±4.12	—	250.80 ±3.19
2014	C _ф	57.15 ±1.56	48.60 ±1.48	29.70 ±1.23	39.13 ±1.48	38.15 ±0.12	54.08 ±1.11	88.43 ±1.12	91.10 ±1.03	171.35 ±3.45	193.68 ±2.53
	C _и	76.85 ±3.63	99.60 ±5.96	57.38 ±1.56	80.90 ±2.12	37.85 ±1.09	60.84 ±1.01	101.85 ±0.96	107.70 ±1.13	249.18 ±4.12	225.72 ±3.46

Примечание. 1 – весеннее половодье, 2 – спад воды после летне-весеннего паводка.

Таблица 5. Содержание органических веществ в малых водотоках на территории Еврейской автономной области в период весеннего половодья (2012 г.)

Водотоки	Точки отбора проб	Органический углерод, мгС/дм ³			Кислоты, мгС/дм ³	
		C _{общ}	C ^P	C ^B	гуминовые	фульво
Ульдура	C _ф	3.05	2.25	0.80	0.21	1.46
	C _и	7.41	6.72	0.69	0.45	3.46
Грязнушка	C _ф	3.43	3.32	0.11	0.17	1.20
	C _и	5.19	5.13	0.06	0.27	1.82
Солонечная	C _ф	8.43	8.20	0.23	0.28	2.96
	C _и	10.67	10.21	0.46	0.34	4.21
Вертопрашиха	C _ф	2.98	2.87	0.11	0.18	1.27
	C _и	3.42	3.21	0.21	0.30	2.31
Кулемная	C _ф	4.29	4.06	0.23	2.07	2.41
	C _и	2.73	2.16	0.57	0.16	1.22

Примечание. C_{общ} – общий органический углерод, C^P – растворенный органический углерод, C^B – взвешенный органический углерод.

Таблица 6. Концентрационные ряды тяжелых металлов в поверхностных водотоках малых рек в районах мелиорации на территории Еврейской автономной области

Водотоки	Состояние пойм	Концентрационный ряд	
		фоновые точки	исследуемые точки
Ульдура	не затоплены	Fe>Mn>Cu>Ni>Pb>Co>Zn	Fe>Pb>Co>Cu>Mn>Zn>Ni
	затоплены	Fe>Pb>Mn>Zn	Fe>Pb>Mn>Zn
Грязнушка	не затоплены	Fe>Mn>Cu>Ni>Pb>Co>Zn	Fe>Mn>Pb>Ni>Cu>Zn>Co
	затоплены	Fe>Pb>Mn>Zn	Fe>Pb>Mn>Zn
Солонечная	не затоплены	Fe>Mn>Pb>Ni>Co>Cu>Zn	Fe>Pb>Mn>Cu>Ni>Zn>Co
	затоплены	Fe>Pb>Mn>Zn	Fe>Pb>Mn>Zn
Вертопрашиха	не затоплены	Fe>Mn>Ni>Pb>Co>Cu>Zn	Fe>Pb>Mn>Cu>Co>Ni>Zn
	затоплены	Fe>Pb>Mn>Zn	Fe>Pb>Mn>Zn
Осиновка	не затоплены	Fe>Mn>Pb>Ni>Cu>Co>Zn	Fe>Pb>Cu>Zn>Mn>Ni>Co
	затоплены	Fe>Mn>Pb>Zn	Fe>Mn>Pb>Zn

Таблица 7. Значение индекса загрязнения воды (ИЗВ) в малых водотоках на территории Еврейской автономной области

Год	Точка отбора проб	Водотоки									
		Ульдура		Грязнушка		Вертопрашиха		Солонечная		Осиновка	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2009	C _ф	1.92	3.48	2.17	3.11	2.71	2.45	3.19	3.49	2.7	3
	C _и	<u>4.32</u> 2.25	<u>5.78</u> 1.66	<u>4.93</u> 2.27	<u>5.72</u> 1.84	<u>2.03</u> 0.75	<u>2.07</u> 0.84	<u>5.99</u> 1.88	<u>5.49</u> 1.57	<u>4.18</u> 1.55	<u>4.4</u> 1.47
2010	C _ф	1.87	3.94	1.4	3.4	1.64	2.06	2.59	3.49	1.96	4.14
	C _и	<u>2.45</u> 1.31	<u>4.23</u> 1.07	<u>2.14</u> 1.53	<u>3.93</u> 1.16	<u>2.53</u> 1.54	<u>2.28</u> 1.11	<u>2.32</u> 0.90	<u>1.56</u> 0.45	<u>2.72</u> 1.39	<u>2.5</u> 0.60
2011	C _ф	1.66	1.88	1.64	1.64	1.85	1.76	2.88	2.97	2.11	2.09
	C _и	<u>3.06</u> 1.84	<u>2.75</u> 1.46	<u>2.77</u> 1.69	<u>3.43</u> 2.09	<u>1.44</u> 0.78	<u>1.34</u> 0.76	<u>3.43</u> 1.19	<u>2.46</u> 0.83	<u>3.16</u> 1.50	<u>1.4</u> 0.67
2013	C _ф	—	0.41	—	0.35	—	0.38	—	0.92	—	0.52
	C _и	—	<u>1.67</u> 4.07	—	<u>1.47</u> 4.20	—	<u>0.83</u> 2.18	—	<u>2.31</u> 2.51	—	<u>0.98</u> 1.88
2012	C _ф	0.83	1.21	0.41	1.18	0.35	1.41	0.44	1.68	1.17	1.93
	C _и	<u>0.87</u> 1.05	<u>2.6</u> 2.15	<u>1.02</u> 2.49	<u>2.89</u> 2.45	<u>0.68</u> 1.94	<u>1.29</u> 0.91	<u>1.66</u> 3.77	<u>1.42</u> 0.85	<u>1.4</u> 1.20	<u>1.42</u> 0.74
2014	C _ф	0.4	0.8	0.28	0.39	0.36	0.34	0.23	0.43	0.29	1.12
	C _и	<u>0.69</u> 1.73	<u>0.84</u> 1.05	<u>0.6</u> 2.14	<u>0.98</u> 2.51	<u>0.63</u> 1.75	<u>0.65</u> 1.91	<u>1.37</u> 5.96	<u>1.6</u> 3.72	<u>0.83</u> 2.86	<u>1.34</u> 1.20

Примечание. Числитель – значения ИЗВ, знаменатель – изменение значения ИЗВ по отношению к фону.

рек Солонечная, Вертопрашиха с лугово-глинистыми и для реки Осиновка с лугово-болотными почвами. При мелиорировании в исследуемых точках ряды претерпевают значительную инверсию, за исключением Fe. В противоположность этому затопление почв приводит к формирова-

нию однотипного ряда ТМ для каждого водоема во всех точках отбора проб (табл. 6).

Изменение экологического состояния поверхностных водотоков и сравнение процессов концентрирования каждого ТМ в исследуемых и фоновых точках в различных фазах гидрологи-

ческого режима и при разной степени затопления пойм оценено по величине индекса загрязнения воды (ИЗВ) (табл. 7).

Как видно из данных, приведенных в табл. 7, значения ИЗВ в исследованных точках практически в 2 раза выше, чем в фоновых. В отсутствие затопления почв ИЗВ в исследованных точках в 1.18–5.9 выше, чем в фоновых, поскольку в районах проведения осушительной мелиорации на процессы переноса-аккумуляции растворимых форм ТМ в поверхностных водотоках оказывают влияние дренажные воды со значительно большим ИЗВ; водотоки относятся к «умеренно загрязненным» и «загрязненным», весной и осенью соответственно. Наибольшие ИЗВ определены в год с обильным выпадением атмосферных осадков (2009 г.), когда происходило небольшое затопление пойм, при этом водотоки весной характеризовались как «загрязненные», осенью – «грязные».

Катастрофическое выпадение осадков и последующее за ним затопление пойм в 2013 г. должно было привести к увеличению смыва ТМ из почв, но одновременный происходящий подъем уровня рек смог сгладить процессы накопления поллютантов в водоемах вследствие их большого разбавления. В итоге ИЗВ уменьшился примерно в 1.5–2 раза (см. табл. 7). Класс качества воды в реках в 2013 г. остался на уровне 2011 г.; все они относились к «загрязненным» или «умеренно загрязненным».

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

ВЫВОДЫ

Во всех исследуемых водотоках фоновые концентрации (C_f) значительно различаются, 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.

К зимней межени происходит увеличение содержания водорастворимых форм ТМ, которое зависит от состояния пойм. В отсутствие затопления поймы наибольшему загрязнению подвержены реки Ульдура и Солонечная, в которых их

концентрация по сравнению с фоном выше примерно в 1.5–3 раза. Затопление пойм приводит к увеличению количества ВВ в водоемах примерно в 1.5–2 раза.

На подвижность тяжелых металлов в поверхностных водотоках может 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.

Наводнение приводит к формированию однотипного концентрационного ряда ТМ независимо от типов пойменных почв как в частях водотоков, которые находятся в естественных условиях, так и в подверженных влиянию мелиорационных систем.

В отсутствие затопления почв ИЗВ в исследованных точках оказался в 1.18–5.9 выше, чем в фоновых. Катастрофическое выпадение осадков и последующее за ним затопление пойм привело к уменьшению ИЗВ примерно в 1.5–2 раза, но класс качества воды остался на прежнем уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аношкин А. В. Влияние осушительной мелиорации на речные системы юга Дальнего Востока // Экология и безопасность жизнедеятельности: матер. V Междунар. научн.-практ. конф. Пенза: РИО ПГСХФ, 2005. С. 10–11.
2. Аношкин А. В. Развитие пойменно-русловых комплексов рек территории Еврейской автономной области в условиях экстремальных паводков и повышенной водности // Региональные проблемы. 2015. Т. 18. № 1. С. 35–42.
3. Аношкин А. В. Устойчивость пойменно-русловых комплексов рек территории Еврейской автономной области к антропогенному преобразованию // Региональные проблемы. 2014. Т. 17. № 1. С. 63–67.
4. Аношкин А. В., Зубарев В. А. Трансформация пойменно-русловых комплексов рек Среднеамурской низменности в условиях мелиорации // География и природные ресурсы. 2012. № 2. С. 82–86.
5. Бельчикова Н. П. Определение гумуса почвы по методу И. В. Тюрина // Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С. 56–62.
6. Ваганова Е. С. Сезонная динамика распределения тяжелых металлов в компонентах малых рек Ульяновской области // Вестн. Нижегородского университета им. Н. Н. Лобачевского. 2011. № 2(2). С. 365–368.
7. Воронов Б. А., Махинов А. Н. Современное состояние водных ресурсов Дальнего Востока и их антропо-

- погенное преобразование // Матер. Всерос. научн. конф. «100-летие Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908–1910 гг». Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 40–48.
8. ГОСТ 52991-2008. Вода. Методы определения содержания общего и растворенного органического углерода. М.: Стандартинформ, 2009. 23 с.
 9. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2008. 35 с.
 10. Зубарев В. А. Исследование содержания тяжелых металлов пойменных почв районов проведения сельскохозяйственной осушительной мелиорации (на примере Еврейской автономной области) // Региональные проблемы. 2012. Т. 15. № 1. С. 63–68.
 11. Зубарев В. А. Сельскохозяйственная мелиорация на территории Дальнего Востока России // Региональные проблемы. 2013. Т. 16. № 1. С. 66–72.
 12. Зубарев В. А. Территориальное изменение содержания биогенных элементов в почвах Среднеамурской низменности (1976–1991 гг.) // Региональные проблемы. 2014. Т. 17. № 1. С. 54–57.
 13. Зубарев В. А., Коган Р. М. Влияние осушительной мелиорации на процессы миграции тяжелых металлов в системе почва–вода–донные отложения // Проблемы агрохимии и экологии. 2010. № 3. С. 29–32.
 14. Зубарев В. А., Коган Р. М. Изменение экологического состояния малых рек Среднеамурской низменности в условиях осушительной мелиорации // Вода: химия и экология. 2013. № 11. С. 3–9.
 15. Калинин В. М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия. Тюмень: ТюмГУ, 1998. 220 с.
 16. Коган Р. М., Рыжкова Л. О. Исследование форм нахождения природных загрязнителей в поверхностных водах р. Бира // Региональные проблемы. 2010. Т. 13. № 2. С. 86–91.
 17. Красюков В. Н., Лапин И. А. Способ определения гумусовых веществ в природных водах // Б.И. 1988. № 12. С. 175.
 18. Максимов В. Н. Проблемы комплексной оценки качества природных вод (экологические аспекты) // Гидробиологический журнал. 1991. Т. 27. № 3. С. 8–13.
 19. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д. Общая гидрология. М.: Высшая школа, 1991. 368 с.
 20. ПНД Ф 14.1:2.4.57-96. Количественный химический анализ вод. Методика измерения массовых концентраций бензола, толуола, этилбензола, о-ксилола, м-ксилола, п-ксилола и стирола в пробах питьевых, природных и сточных вод методом газовой хроматографии. М.: Стандартинформ, 2011. 25 с.
 21. РД 52.18.286-91. Методика выполнения измерений массовой доли водорастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. М.: Стандартинформ, 1991. 35 с.
 22. РД 52.24.468-2005. Взвешенные вещества и общее содержание примесей в водах. Методика выполнения измерений массовой концентрации гравиметрическим методом. М.: Стандартинформ, 2005. 31 с.
 23. Селезнева А. В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения // Изв. Самарского научного центра РАН. 2003. Т. 5. № 2. С. 268–277.
 24. Смоляков Б. С., Жигула М. В. Экологические последствия трансформации химических форм металлов-поллютантов в реальном пресном водоеме // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. № 9. С. 283–291.
 25. Темерев С. В., Галахов В. П., Плотникова Ю. Е. Формирование и распределение химического стока реки Барнаулки // Изв. Алтайского гос. ун-та. 2001. Т. 21. № 3. С. 32–37.
 26. Цивин М. Н., Абраменко П. И. Гидрометрия: теория и практика измерения скорости течения воды в открытых каналах. Краснодар: ИГиМ, 2004. 110 с.
 27. Ягов Г. В. Современные методы определения содержания общего азота и углерода в пробах природных вод // Вода: химия и экология. 2009. № 10. С. 28–33.
 28. Baham J., Ball N. B., Sposito G. Gel filtration studies of trace metal-fulvic acid solutions extracted from sewage sludges // J. of Environmental Quality. 1978. V. 7. № 2. P. 181–188.
 29. Linnik P. N. Complexation as the most important factor and transport of heavy metals in the Dnieper water bodies // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2003. V. 176. P. 505–512.

REFERENCES

1. Anoshkin, A.V. [Reclamation influence on the river networks in the south of the Far East]. *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti»* [Proc. V International Scientific and Practical Conference «Environment and Safety»]. Penza: RIO PGSKhF, 2005, pp. 10–11 (in Russian).
2. Anoshkin, A. V. *Razvitie poimенno-ruslovykh kompleksov rek territorii Evreiskoi avtonomnoi oblasti v usloviyakh ekstremal'nykh pавodkov i povyshennoi vodnosti* [The development of floodplain and river-channel complexes in the Jewish Autonomous Region upon the extreme floods and high water content]. *Regional'nye problemy*, 2015, vol. 18, no. 1, pp. 35–42 (in Russian).
3. Anoshkin, A. V. *Ustoichivost' poimенno-ruslovykh kompleksov rek territorii Evreiskoi avtonomnoi oblasti*

- k antropogennomu preobrazovaniyu* [Resistivity of floodplain and channel systems of the rivers in the Jewish Autonomous Region to human transformation]. *Regional'nye problemy*, 2014, vol. 17, no. 1, pp. 63–67 (in Russian).
4. Bel'chikova, N. P. *Opredelenie gumusa pochvy po metodu I. V. Tyurina* [Determination of soil humus by the Tyurin method]. *Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochv*. Moscow, Nauka, 1975, pp. 56–62 (in Russian).
 5. Vaganova, E. S. *Sezonnaya dinamika raspredeleniya tyazhelykh metallov v komponentakh mal'nykh rek Ul'yanskoj oblasti* [Seasonal dynamics of the heavy metal distribution in the components of small rivers in the Ulyanovsk region]. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. N. Lobachevskogo*, 2011, no. 2, pp. 365–368 (in Russian).
 6. Voronov, B. A., Makhinov, A. N. [The current state of water resources of the Far East and their anthropogenic transformation]. *Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii «100-letie Kamchatskoi ekspeditsii Russkogo geograficheskogo obshchestva 1908–1910 gg.»* [Proc. of the Scientific Conference “100 years of Kamchatka expedition of the Russian Geographical Society 1908–1910”. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2009, pp. 40–48 (in Russian).
 7. GOST 52991-2008. *Voda. Metody opredeleniya sodержaniya obshchego i rastvorenno go organicheskogo ugleroda* [State Standard 52991-2008. Water. Methods for determination of total and dissolved organic carbon]. Moscow, Standartinform Publ., 2009, 23 p. (in Russian).
 8. GOST 51592-2000. *Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob* [State Standard 51592-2000. Water. General requirements for sampling]. Moscow, Standartinform Publ., 2008, 35 p. (in Russian).
 9. Anoshkin, A. V., Zubarev, V. A. *Transformatsiya poymenno-ruslovykh kompleksov rek Sredneamurskoi nizmennosti v usloviyakh melioratsii* [Transformation of floodplain-channel complexes of Middle-Amur Lowland rivers under reclamation]. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2012, no. 2, pp. 82–86 (in Russian).
 10. Zubarev, V. A. *Issledovanie sodержaniya tyazhelykh metallov poymennykh pochv rayonov provedeniya sel'skokhozyaistvennoi osushitel'noi melioratsii (na primere Evreiskoi avtonomnoi oblasti)* [The study of heavy metals in floodplain soils in the areas of agricultural drainage reclamation (by the example of the Jewish Autonomous Region)]. *Regional'nye problemy*. 2012, vol. 15, no. 1, pp. 63–68 (in Russian).
 11. Zubarev, V. A. *Sel'skokhozyaistvennaya melioratsiya na territorii Dal'nego Vostoka Rossii* [Agricultural Reclamation in the Far East of Russia]. *Regional'nye problemy*. 2013, vol. 16, no. 1, pp. 66–72 (in Russian).
 12. Zubarev, V. A. *Territorial'noe izmenenie sodержaniya biogennykh elementov v pochvakh Sredneamurskoi nizmennosti (1976–1991gg.)* [Territorial changes in the content of nutrients in soils of Middle Amur Lowland (1976–1991)]. *Regional'nye problemy*. 2014, vol. 17, no. 1, pp. 54–57 (in Russian).
 13. Zubarev, V. A., Kogan, R. M. *Vliyanie osushitel'noi melioratsii na protsessy migratsii tyazhelykh metallov v sisteme pochva-voda-donnye otlozheniya* [Effect of drainage reclamation on migration of heavy metals in the soil-water-bottom sediment system] *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2010, no. 3, pp. 29–32 (in Russian).
 14. Zubarev, V. A., Kogan, R. M. *Izmenenie ekologicheskogo sostoyaniya mal'nykh rek Sredneamurskoi nizmennosti v usloviyakh osushitel'noi melioratsii* [Changes in the ecological state of small rivers in Middle Amur Lowland upon their drainage reclamation]. *Voda: khimiya i ekologiya*. 2013, no. 11, pp. 3–9 (in Russian).
 15. Kalinin, V. M. *Malye reki v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya* [Small rivers under the human impact]. Tyumen, Tyumen State University Publ., 1998, 220 p. (in Russian).
 16. Kogan, R. M., Ryzhkova, L. O. *Issledovanie form nakhozhdeniya prirodnykh zagryaznitelei v poverkhnostnykh vodakh r. Bira* [The study of natural pollutants forms of occurrence in the surface water of the Bira River]. *Regional'nye problemy*. 2010, vol. 13, no. 2, pp. 86–91 (in Russian).
 17. Krasnyukov, V. N., Lapin, I. A. *Sposob opredeleniya gumusovykh veshchestv v prirodnykh vodakh* [The method for determining humic substances in natural water]. *Byulleten' izobretenii*. 1988, no. 12, 175 p. (in Russian).
 18. Maksimov, V. N. *Problemy kompleksnoi otsenki kachestva prirodnykh vod (ekologicheskie aspekty)* [Problems of integral assessment of water quality (environmental aspects)]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*. 1991, vol. 27, no. 3, pp. 8–13 (in Russian).
 19. Mikhailov, V. N., Dobrovol'skii, A. D. *Obshchaya gidrologiya* [General hydrology]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1991, 368 p. (in Russian).
 20. PND F 14.1:2:4.57-96. *Kolichestvennyi khimicheskii analiz vod. Metodika izmereniya massovykh kontsentratsii benzola, toluola, etilbenzola, o-ksilola, m-ksilola, p-ksilola i stirola v probakh pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vod metodom gazovoi khromatografii* [Natural and federal regulatory document 14.1: 2: 4.57-96. Quantitative chemical analysis of water. Methods of measuring mass concentrations of benzene, toluene, ethylbenzene, o-xylene, m-xylene, p-xylene and styrene in samples of drinking water, natural water, and sewage by gas chromatography]. Moscow, Standartinform Publ., 2011, 25 p. (in Russian).
 21. RD52.18.286-91. *Metodika vypolneniya izmerenii massovoi doli vodorastvorimykh form metallov (medi, svintsya, tsinka, nikelya, kadmiya, kobal'ta, khroma, margantsa) v probakh pochvy atomno-absorbtsionnym analizom* [Guidance document 52.18.286-91. Method

- for measuring the mass fraction of water-soluble forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chromium, manganese) in soil samples by atomic absorption analysis]. Moscow, Standartinform Publ., 1991, 35 p. (in Russian).
22. RD52.24.468-2005. *Vzveshennye veshchestva i obshchee sodержanie primesey v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy kontsentratsii gravimetricheskim metodom* [Guidance document 52.24.468-2005. Suspended solids and the total content of impurities in water. Methods of mass concentration measurement by gravimetric method]. Moscow, Standartinform Publ., 2005, 31 p. (in Russian).
 23. Selezneva, A. V. *Antropogennaya nagruzka na reki ot tochechnykh istochnikov zagryazneniya* [Anthropogenic load on rivers caused by the point sources of pollution]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoi akademii nauk*. 2003, vol. 5, no. 2, pp. 268–277 (in Russian).
 24. Smolyakov, B.S., Zhigula, M. V. *Ekologicheskie posledstviya transformatsii khimicheskikh form metallov-pollyutantov v real'nom presnom vodoeme* [Environmental consequences of transforming chemical forms of polluting metals in actual fresh water reservoir]. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. 2001, no. 9, pp. 283–291 (in Russian).
 25. Temerev, S.V., Galakhov, V.P., Plotnikova, Yu.E. *Formirovaniye i raspredeleniye khimicheskogo stoka reki Barnaulki* [Formation and distribution of chemical runoff of Barnaulka river]. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2001, vol. 21, no. 3, pp. 32–37 (in Russian).
 26. Tsivin, M.N., Abramenko, P. I. *Gidrometriya: teoriya i praktika izmereniya skorosti techeniya vody v otkrytykh kanalakh* [Hydrometry: theory and practice of measuring the speed of water flow in open channels]. Krasnodar, Institute of Geology and Mineralogy Publ., 2004, 110 p. (in Russian).
 27. Yagov, G. V. *Sovremennyye metody opredeleniya sodержaniya obshchego azota i ugleroda v probakh prirodnnykh vod* [Modern methods for the determination of total nitrogen and carbon in the samples of natural water]. *Voda: khimiya i ekologiya*. 2009, no. 10, pp. 28–33 (in Russian).
 28. Baham, J., Ball, N.B., Sposito, G. Gel filtration studies of trace metal-fulvic acid solutions extracted from sewage sludges. *Journal of Environmental Quality*. 1978, vol. 7, no. 2, pp. 181–188.
 29. Linnik, P. N. Complexation as the most important factor and transport of heavy metals in the Dnieper water bodies. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2003, vol. 176, pp. 505–512.

ECOLOGICAL CONDITION OF THE WATERCOURSES IN THE MIDDLE AMUR LOWLAND IN THE AREAS OF DRAINAGE RECLAMATION

V. A. Zubarev, R. M. Kogan

*Institute for Complex Analysis of Regional Problems, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
ul. Sholom-Aleikhema 4, Birobidzhan, 679016 Russia.
E-mail: Zubarev_1986@mail.ru; Koganrm@mail.ru*

The work considers the land reclamation influence on migration and accumulation of heavy metals and some pollutants in small rivers. The research was conducted in the Middle Amur lowland in different hydrological modes and at various levels of land flooding. The features of small rivers hydrological mode in the investigated territory are controlled by a considerably uneven runoff during a year. As floods have a seasonal character, it is necessary to take water samples prior to the beginning of a spring high water (April) and after high water in September – October, and also at different levels of land flooding. The field studies of water currents were performed during 2009–2014. The following indicators were analyzed: water-soluble forms of heavy metals (iron, manganese, copper, nickel, cobalt, lead and zinc); suspended substances, organic carbon (general, dissolved and suspended); humic and fulvic acids, as well as volatile organic compounds. Our investigation has shown that mobility of heavy metals in surface waterways depends on drainage effluent and surface flows from soil horizons, and a rise of suspended and organic compounds concentration, especially of fulvic acids that increase geochemical mobility of heavy metals. During floods, one-type concentration series of heavy metals is formed, caused by their abundant washing out from soils and diluting heavy metals concentration. Besides, pollutant migration is influenced by changing geomorphological characteristics of floodplain and river-bed complexes, and by water current deceleration in the waterways in the reclaimed areas. All these factors result in the reduction of water pollution index in the rivers.

Keywords: heavy metals, surface water, small rivers, Middle Amur lowland.