

УДК 631.62(571.621)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ РЕК ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ В РАЙОНАХ ОСУШИТЕЛЬНОЙ МЕЛИОРАЦИИ В ПЕРИОДЫ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ЗАТОПЛЕНИЯ ПОЙМ

В.А. Зубарев

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: Zubarev_1986@mail.ru

Исследовано влияние осушительной мелиорации на процессы транзита и аккумуляции тяжелых металлов в различные фазы гидрологического режима и при различной степени затопления пойм малых рек на территории Еврейской автономной области. Показано, что на подвижность тяжелых металлов в поверхностных водотоках оказывают влияние дренажный и поверхностный сток с почвенных горизонтов и увеличение концентрации взвешенных веществ, что приводит к изменению индекса загрязнения воды в реке.

Ключевые слова: малые реки, осушительная мелиорация, тяжелые металлы, катастрофическое наводнение, сельское хозяйство, Еврейская автономная область.

Введение

Высокая заболоченность территории Еврейской автономной области (ЕАО) обусловила необходимость проведения осушительной мелиорации, так как избыточная обводненность почвенного покрова являлась большим тормозом в экономическом и социальном развитии региона [11, 12]. Из-за переувлажнения земель землепользователи на почвах с нерегулярным водным режимом недобирали до 40% урожаев сельскохозяйственных культур. Эти причины предопределили широкомасштабное гидромелиоративное осушение переувлажненных земель. В результате реализации программ мелиорации к 1990 г. на территории автономии было осушено более 80 тыс. га земель и практически все они использовались в сельскохозяйственном производстве, но после развала СССР большая часть осушенных сельскохозяйственных угодий была заброшена. Например, по состоянию на 2014 г. площадь мелиорированных земель в области составляет 88,6 тыс. га, из них в сельскохозяйственном производстве используется только около 40 тыс. га, т.е. использование сократилось почти в 2 раза [4, 5].

Весьма ощутимое воздействие на окружающую среду оказало осушение земель на начальном этапе мелиоративного строительства, так как оно проводилось почти без учета экологических условий и требований охраны природных комплексов [2]. С одной стороны, это делалось из-за нехватки средств и материально-технических ресурсов для создания экологически безопасных мелиоративных систем, с другой – в силу недоста-

точного в то время уровня экологических знаний в области мелиорации и использования осушенных земель. Последним можно объяснить бытовавшую десятилетиями концепцию об «излишках» воды на поверхности почвенного горизонта, которые надо сбросить. На рассматриваемой территории осушительные системы спроектированы в основном так, что водоприемниками дренажных вод являются естественные водотоки, в которые впадает магистральный канал, при этом большая часть поверхностных и грунтовых вод безвозвратно сбрасывается в реки и уходит с территории осушения [6]. Почти все мелиоративные системы не имеют водооборота и сбрасывают воду в водоприемники без предварительной очистки от различных поллютантов органического и неорганического происхождения. Сброс таких дренажных вод в течение нескольких десятилетий может вызывать ряд негативных процессов в водотоках и привести к нарушению экологического равновесия в природной среде: снижению уровня грунтовых вод, пересыханию малых рек, увеличению деградации вод в реках. Еще одна проблема для территории ЕАО – это частичное или полное затопление пойм, а иногда и прилегающих территорий, что наблюдалось во время катастрофического наводнения 2013 г., вызванного выпадением аномально большого, по сравнению с многолетними данными, количества осадков (900 мм за июль–август) [1].

Целью данной работы является исследование экологического состояния малых водотоков в районах осушительной мелиорации в периоды с различным уровнем затопления пойм.

Объекты исследований

Объектами исследования являются малые водотоки, протекающие в южной части автономии на территории Среднеамурской аллювиальной низменности, удаленные от других источников техногенного загрязнения (горнодобывающая и лесная промышленность, населенные пункты) и являющиеся водоприемниками дренажных вод от осушительных мелиорационных систем. 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 проводились с 2009 по 2014 гг. Отбор проб воды осуществлялся выше и ниже проведения мелиорационных работ и при впадении дренажных каналов в весеннее половодье, а также после прохождения летне-осеннего паводочного периода в соответствии с ГОСТ 51592-2000 [3]. 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 ТМ [7], типичные для Буреинской ландшафтно-геохимической провинции – железо и марганец, и характерные антропогенные загрязнители данной территории – медь, никель, кобальт, свинец и цинк, а также взвешенные вещества (аналитик – В.А. Зубарев; аппаратная база ИКАРП ДВО РАН, г. Биробиджан).

Результаты исследования 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 [9]. Многочисленными исследованиями было показано, что тяжелые металлы при попадании в водотоки превращаются в более токсичные формы по сравнению с исходными [10], но в первую очередь нас 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, основными из них являются 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.) и с затоплением пойм и прилегающих территорий (2009, 2013 гг.).

Во всех исследуемых водотоках фоновые концентрации (C_{ϕ}) значительно отличаются друг от друга, причем содержание природных поллютантов на несколько порядков выше, чем природно-антропогенных (табл. 1). В весенний период наибольшие концентрации Fe (2,6 мг/дм³), Mn (0,9 мг/дм³), Cu (0,03 мг/дм³), Pb (0,15 мг/дм³), Zn (0,03 мг/дм³) обнаружены, в основном, в реках Осиновка и Солонечная в 2009 г. К зимней межени происходит увеличение содержания водорастворимых форм ТМ, которое зависит от состояния пойм. Например, в незатопленных поймах, в воде малых рек концентрации Fe, Mn, Cu и Pb увеличиваются в 1,5–2,5 раза, в затопленных поймах концентрации Fe и Mn снижаются в 2,5 раз, а Pb, Zn увеличиваются 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 рр. Ульдура и Солонечная, в которых концентрация Fe, Mn, Cu, Pb, Zn увеличивается 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.) должно было 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.) наблюдается 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 происходит накопление поллютантов, в основном Pb (рр. Грязнушка, Солонечная, Осиновка) (табл. 1).

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 [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 рр. Ульдура и Грязнушка среднее содержание ВВ по сравнению с фоном увеличилось в 3,5; в рр. Вертопрашиха и Солонечная – в 1,3 раза; но в р. Осиновка оно

уменьшилось в 2 раза (табл. 2). 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 [8].

При отсутствии 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 их поверхностный смыв. В этих точках расположение ТМ в концентрационных рядах (кроме Fe, Mn и Zn) отличается для водотоков с разными типами почв: для рр. Ульдура, Грязнушка с подзолисто-буроземными глинистым и суглинистыми, для рр. Солонечная, Вертопрашиха с лугово-глинистыми и р. Осиновка с лугово-болотными почвами. При мелиорировании в исследуемых точках ряды претерпевают значительную инверсию, за исключением Fe. В противоположность этому, затопление почв приводит к формированию однотипного ряда ТМ для каждого водоема во всех точках отбора проб (табл. 3).

Таблица 1

Средние концентрации тяжелых металлов в поверхностных водах в периоды с различной степенью затопления пойм, 2009–2014 гг.

Table 1

Average concentrations of heavy metals in surface waters, in different flood periods, 2009–2014

Элементы	Состояние пойм	Ульдура		Грязнушка		Солонечная		Вертопрашиха		Осиновка	
		Сф	Си	Сф	Си	Сф	Си	Сф	Си	Сф	Си
Концентрация мг/дм ³											
Fe	а	0,36	0,85	0,63	1,12	1,25	2,09	0,36	0,95	1,06	1,04
	б	1,56	3,12	1,35	2,99	1,60	3,78	1,47	1,02	1,46	1,14
Mn	а	0,02	0,03	0,07	0,10	0,03	0,09	0,01	0,04	0,10	0,20
	б	0,30	0,08	0,30	0,14	0,17	0,19	0,90	0,07	0,30	0,70
Zn	а	0,02	0,08	0,02	0,09	0,04	0,06	0,03	0,05	0,03	0,1
	б	0,01	0,06	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,08
Pb	а	0,08	0,19	0,23	0,32	0,19	0,36	0,21	0,25	0,2	0,3
	б	0,08	0,19	0,18	0,23	0,07	0,24	0,12	0,16	0,15	0,11
Cu	а	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о
	б	0,1	0,07	0,15	0,09	0,04	0,11	0,06	0,03	0,04	0,09
Ni	а	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о
	б	0,07	0,02	0,11	0,04	0,09	0,03	0,12	0,03	0,12	0,04
Co	а	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о	>п/о
	б	0,05	0,08	0,05	0,1	0,05	0,06	0,06	0,04	0,02	0,03

Примечание: Сф – фоновые точки, Си – исследуемые точки; а – затопленные поймы, б – незатопленные поймы. >п/о – ниже предела обнаружения атомно-абсорбционного спектрометра «Solaar 6М». Предел обнаружения равен 0,0001 мг/дм³

Таблица 2

Среднее содержание взвешенных веществ в пробах речной воды в районах мелиорационных работ на территории Еврейской автономной области, 2009–2014 гг.

Table 2

Average content of suspended solids in the river water samples from drainage work areas in Jewish Autonomous Region, 2009–2014

Год	Точки отбора проб	Водотоки									
		Ульдура		Грязнушка		Вертопрашиха		Солонечная		Осиновка	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Концентрация, мг/дм ³											
2010	C _ф	43,60	52,30	18,60	23,90	49,60	56,60	79,60	89,60	99,30	102,30
	C _и	56,68	67,99	24,18	31,07	64,48	73,58	103,48	116,48	129,09	132,99
2011	C _ф	23,54	28,24	10,04	12,91	26,78	30,56	42,98	48,38	53,62	55,24
	C _и	30,61	36,71	13,06	16,78	34,82	39,73	55,88	62,90	69,71	71,81
2012	C _ф	20,20	53,30	6,50	16,90	17,50	16,50	25,40	26,13	103,80	99,80
	C _и	72,50	69,29	23,30	38,70	19,80	21,46	34,20	39,80	62,70	68,70
2013	C _ф	–	80,80	–	56,00	–	41,60	–	96,60	–	215,20
	C _и	–	110,00	–	93,20	–	46,80	–	207,20	–	250,80
2014	C _ф	57,15	48,60	29,70	39,13	38,15	54,08	88,43	91,10	171,35	193,68
	C _и	76,85	99,60	57,38	80,90	37,85	60,84	101,85	107,70	249,18	225,72

Примечание: 1 – весеннее половодье, 2 – спад воды после летне-весеннего паводка, «–» – нет данных

Изменение экологического состояния 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) (табл. 4).

Как видно из данных, приведенных в

табл. 4, значения ИЗВ в исследуемых точках практически в 2 раза выше, чем в фоновых. 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.

Таблица 3

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

Table 3

Concentration series of heavy metals in small rivers' surface water currents in land reclamation areas of Jewish Autonomous Region

Водотоки	Состояние пойм	Концентрационный ряд	
		C _ф	C _и
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

Значение индекса загрязнения воды в малых водотоках
на территории Еврейской автономной области

Water pollution index in small rivers of Jewish Autonomous Region

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	2,70	3,11
	C _н	4,32	5,78	4,93	5,72	2,03	2,07	5,99	5,49	4,18	4,40
2010	C _ф	1,87	3,94	1,40	3,40	1,64	2,06	2,59	3,49	1,96	4,14
	C _н	2,45	4,23	2,14	3,93	2,53	2,28	2,32	1,56	2,72	2,50
2011	C _ф	1,66	1,88	1,64	1,64	1,85	1,76	2,88	2,97	2,11	2,09
	C _н	3,06	2,75	2,77	3,43	1,44	1,34	3,43	2,46	3,16	1,40
2013	C _ф	–	0,41	–	0,35	–	0,38	–	0,92	–	0,52
	C _н	–	1,67	–	1,47	–	0,83	–	2,31	–	0,98
2012	C _ф	0,83	1,21	0,41	1,18	0,35	1,41	0,44	1,68	1,17	1,93
	C _н	0,87	2,60	1,02	2,89	0,68	1,29	1,66	1,42	1,40	1,42
2014	C _ф	0,40	0,80	0,28	0,39	0,36	0,34	0,23	0,43	0,29	1,12
	C _н	0,69	0,84	0,61	0,98	0,63	0,65	1,37	1,6	0,83	1,34

Примечание: 1 – весеннее половодье, 2 – спад воды после летне-весеннего паводка, «–» – нет данных

Наибольшие ИЗВ определены в год с обильным выпадением атмосферных осадков (2009 г.), когда происходило небольшое затопление пойм, при этом водотоки весной характеризуются как «загрязненные», осенью – «грязные». Класс качества воды в реках в 2013 г. остался на уровне 2011 г.; все они относятся к «загрязненным» или «умеренно загрязненным».

Кроме того, на процессы транзита–аккумуляции поллютантов может 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.

Заклучение

Таким образом, во всех исследуемых водотоках фоновые концентрации (C_ф) 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. К зимней межени происходит увеличение содержания водорастворимых форм ТМ, которое зависит от состояния пойм. При отсутствии затопления поймы наиболь-

шему загрязнению подвержены реки Ульдура и Солонечная, в которых концентрация ТМ 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.

Наводнение приводит к формированию однотипного концентрационного ряда ТМ независимо от типов пойменных почв, как той части водотоков, которая находится в естественных условиях, так и подверженных влиянию мелиорационных систем.

При отсутствии затопления почв ИЗВ в исследуемых точках в 1,18–5,9 выше, чем в фоновых. Катастрофическое выпадение осадков и последующее за ним затопление пойм приводит к уменьшению ИЗВ примерно в 1,5–2 раза, но класс качества воды остается на прежнем уровне.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта ДВО РАН № 15-И-6-005 (15-И-6-0090).

ЛИТЕРАТУРА:

1. 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.

2. Аношкин А.В. Устойчивость пойменно-русловых комплексов рек территории Еврейской автономной области к антропогенному преобразованию // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, № 1. С. 63–67.
3. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2008. 35 с.
4. 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.
5. Зубарев В.А. Сельскохозяйственная мелиорация на территории Дальнего Востока России // Региональные проблемы. 2013. Т. 16, № 1. С. 66–72.
6. Калинин В.М. Малые реки в условиях антропогенного воздействия. Тюмень: ТюмГУ, 1998. 220 с.
7. 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.
8. 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.
9. Селезнева А.В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2003. Т. 5, № 2. С. 268–277.
10. 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.
11. Стельмах Е.В. Мониторинг антропогенных ландшафтов на территории Еврейской автономной области // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2012. № 2 (11). С. 52–56.
12. Стельмах Е.В., Соловченков С.А., Липовецкая А.А. Подходы к ландшафтному районированию территории Еврейской автономной области // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2014. № 3 (16). С. 76–83.

The author investigates the influence of drainage reclamation processes on transition and accumulation of heavy metals in different phases of the hydrological regime, at a different degree of flooding the lands by small rivers in Jewish Autonomous Region. The research shows that heavy metals in surface currents move under the influence of drainage and surface flows running from soil horizons, and under increasing concentration of suspended solids, all these factors resulted in a change of the water pollution index in the river.

Keywords: *small rivers, drainage reclamation, heavy metals, catastrophic flood, agriculture, Jewish Autonomous Region.*