

АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.62 (571.621)
doi: 10.17223/19988591/28/1

В.А. Зубарев

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
г. Биробиджан, Еврейская автономная область, Россия*

Влияние осушительной мелиорации на содержание тяжелых металлов в пойменных почвах Среднеамурской низменности

Исследовано влияние осушительной мелиорации на содержание подвижных форм тяжелых металлов в пойменных почвах на примере Ленинского района Еврейской автономной области. Проведен сравнительный анализ изменения концентрации тяжелых металлов в осушенных и неосушенных почвах. Показано, что в мелиорированных почвах к окончанию сельскохозяйственного сезона наблюдаются снижение содержания тяжелых металлов и уменьшение суммарного коэффициента загрязнения, в то время как в неосушенных почвах – противоположный процесс – увеличение загрязнения. Исследовано влияние степени затопления пойм на содержание гумуса и кислотность почв, которые определяют миграцию и формирование концентрационных рядов тяжелых металлов.

Ключевые слова: *пойменные почвы; осушительная мелиорация; тяжелые металлы; Среднеамурская низменность.*

Введение

Почвенный покров речных долин представляет интерес как объект сельскохозяйственного назначения [1], поэтому изучение его химического состава и процессов аккумуляции различных веществ позволяет решать экологические проблемы, связанные с антропогенным загрязнением речных бассейнов, выявлением причин изменения плодородия, определением их качества [2].

Особенностью пойменных почв малых рек является зависимость от часто меняющихся экологических условий, связанных с неустойчивым характером увлажнения и составом растительности, рельефом, динамикой отложения аллювиальных наносов. Влияние мелиорационных работ на гидрологический режим [3], физические свойства [4], химический состав (содержание гумуса, тяжелых металлов, анионов) и закономерности пойменного почвообразования в долинах малых рек изучалось в отдельных регионах Российской Федерации (Смоленская, Брянская, Орловская, Тверская, Калужская, Тульская, Московская, Рязанская, Ярославская, Владимирская, Костромская, Ивановская, Амурская области, Хабаровский, Пермский, Приморский края) [5]. Такие исследования актуальны для всех территорий, расположенных в пониженных

формах рельефа на переувлажненных почвах, например на юге Дальнего Востока России, где в районах проведения мелиоративных работ поймы периодически попадают в зоны затопления вследствие малых и средних наводнений 1 раз в 3 года и крупных – каждые 7 лет. Целью данной работы является исследование влияния осушительной мелиорации на содержание тяжелых металлов в пойменных почвах Среднеамурской низменности при различной степени затопления на примере Ленинского района Еврейской автономной области (ЕАО).

Материалы и методики исследования

Площадь сельскохозяйственных угодий Ленинского района составляет 68 тыс. га. Они представлены в основном лугово-глинистыми почвами, сформированными на тяжелых по гранулометрическому составу почвообразующих породах; гумусовый горизонт характеризуется небольшой мощностью [6]. Крайне незначительный уклон поверхности и наличие аллювиальных глин затрудняет сток поверхностных и подземных вод, поэтому почвы имеют избыточное увлажнение, использование их невозможно без мелиоративных работ. Анализ архивных данных, предоставленных ФГБУ «Управление Биробиджанмелиоводхоз», показал, что этот район является основным для проведения мелиоративных работ в ЕАО (рис. 1). Площадь мелиорированных земель составляет около 34 тыс. га (30% сельхозугодий), она до 1991 г. использовалась в сельском хозяйстве, но к 2012 г. в качестве сельхозугодий сохранились лишь 10 тыс. га.

Район удален от основных источников техногенного загрязнения тяжелыми металлами (горнодобывающая и лесная промышленность, города Биробиджан и Облучье), поэтому он послужил полигоном для исследования изменения концентраций элементов-токсикантов в пойменных почвах под влиянием осушительной сельскохозяйственной мелиорации и степени затопления территории.

Для сравнительного анализа выбраны немелиорированные и мелиорированные используемые в сельскохозяйственном обороте лугово-глинистые почвы поймы реки Солонечная. На каждом полигоне производился одно-временный отбор проб из поверхностного почвенного горизонта методом квадрата по ГОСТ 28168–89 [7] в весенний и осенний периоды 2009–2011 гг.

Из группы тяжелых металлов (ТМ) определялись железо (Fe), марганец (Mn) – типичные природные поллютанты Буреинской ландшафтно-геохимической провинции; никель (Ni), медь (Cu), свинец (Pb), цинк (Zn) и кобальт (Co) – характерные природно-антропогенные загрязнители данной территории.

Подвижные формы ТМ экстрагировали 1 н азотной кислотой, поскольку с помощью этого экстрагента выявляется фонд ТМ, способный стать подвижным в системе почва – сельскохозяйственная культура [8]. Содержание подвижных форм ТМ анализировали методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) на приборе «SOLAAR M6» (Thermo Electron Corporation, США).

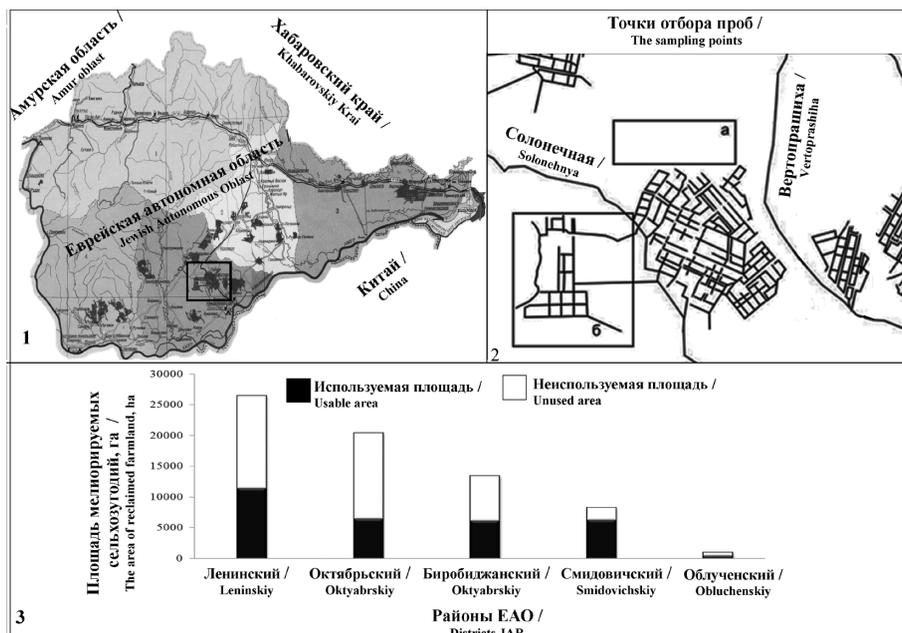


Рис. 1. Районы проведения мелиоративных работ на территории

Еврейской автономной области: 1 – карта-схема

Еврейской автономной области, квадратом выделены районы исследования;

2 – полигоны отбора проб: а – немелиорированные; б – мелиорированные;

3 – площадь мелиорируемых сельхозугодий /

Fig. 1. Areas of land reclamation works on the territory of Jewish Autonomous Oblast.

Note: 1 - schematic map of Jewish Autonomous Oblast, a square marks research areas.

2 - Sampling polygons: a - unenhanced; b - enhanced. 3 - Area of reclaimed farmland

Гумус определяли методом И.В. Тюрина [9], актуальную кислотность – потенциметрией [10]. Все анализы проводили в 3-кратной повторности, статистическую обработку – в программе Microsoft Office Excel 2007. В работе приведены средние значения.

Для комплексного анализа содержания ТМ в пойменных почвах были рассчитаны суммарные коэффициенты загрязнения ($Z_{сг}$) с учетом индексов опасности поллютантов:

$$Z_{сг} = \sum_{i=1}^n (K_c \cdot K_m) - (n-1),$$

где K_c – коэффициент загрязнения почв ($K_c = C_i / C_{\phi}$, где C_i – фактическая концентрация элемента, C_{ϕ} – фоновое значение элемента); K_m – индекс класса опасности поллютантов, равный 1,5 для элементов первого (Zn, Pb, Cd), 1 – для второго (Co, Ni, Cu, Fe) и 0,5 – для третьего (Mn) класса опасности, n – количество ТМ [11]. В качестве C_{ϕ} применялись значения предельно допустимых концентраций (ПДК) подвижных форм ТМ в почвах [12].

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнение химического состава проб показало, что в мелиорированной почве содержание ТМ всегда ниже, чем в немелиорированной, оно зависит от степени затопления поймы атмосферными осадками в течение сельскохозяйственного сезона (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

**Содержание и концентрационные ряды тяжелых металлов в лугово-глинистых почвах Ленинского района Еврейской автономной области в весенний и осенний периоды 2009–2011 гг. /
Content and concentrations of heavy metals in meadow clay soils of Leninsky district, Jewish Autonomous Oblast in spring and autumn periods 2009-2011**

Параметры			рН ед.	Гумус / Humus, %	Fe	Zn	Mn	Pb	Cu	Co	Ni	
					Концентрация, мг/кг / Concentration, mg/kg							
а	2009	Весна / Spring	5,9	2,1	3489,2	182,1	231,1	6,3	5,5	4,8	2,9	
		Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Co>Ni										
	2010	Осень / Autumn	5,6	3,0	1129,7	183,64	217,5	5,19	1,15	1,01	2,68	
		Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Co>Ni										
	2011	Весна / Spring	5,3	3,1	8997,7	612,46	333,61	8,9	10,3	10,55	6,71	
		Fe>Zn>Mn>Co>Cu>Pb>Ni										
	2010	Осень / Autumn	5,5	3,1	10267	222,63	205,67	4,67	14,24	14,25	3,08	
		Fe>Zn>Mn>Co>Cu>Pb>Ni										
	2011	Весна / Spring	5,7	3,2	14396	680,51	334,61	10,13	10,78	11,58	6,73	
		Fe>Zn>Mn>Co>Cu>Pb>Ni										
	2010	Осень / Autumn	5,9	3,2	16427	247,36	206,29	6,16	14,38	15,35	3,09	
		Fe>Zn>Mn>Co>Cu>Pb>Ni										
б	2009	Весна / Spring	5,1	4,1	4562,1	277,7	356,36	9,3	6,8	5,3	4,7	
		Fe>Zn>Mn>Pb>Co>Cu>Ni										
	2010	Осень / Autumn	5,4	4,1	7215,3	164,33	446,82	5,4	1,84	10,61	2,08	
		Fe>Mn>Zn>Co>Pb>Cu>Ni										
	2011	Весна / Spring	5,3	4,1	10429	1155,3	501,1	14	10,64	11,83	7,38	
		Fe>Zn>Mn>Pb>Co>Cu>Ni										
	2010	Осень / Autumn	5,4	4,1	13017	1674,7	823,34	15,75	13,94	17,04	11,5	
		Fe>Mn>Zn>Co>Pb>Cu>Ni										
	2011	Весна / Spring	5,4	4,2	16686	1283,7	502,61	18,48	10,75	11,86	7,4	
		Fe>Zn>Mn>Pb>Co>Cu>Ni										
	2010	Осень / Autumn	5,5	4,3	20827	1860,7	825,81	20,79	14,08	17,09	11,53	
		Fe>Mn>Zn>Pb>Co>Cu>Ni										

Примечание. а – мелиорированные, б – немелиорированные почвы. /

Note. a - tilled soils, b - untilled soils.

При частичном затоплении (2009 г.) в мелиорированной почве весной наблюдалось уменьшение концентраций всех ТМ по отношению к немелиорированным примерно в 1,5 раза. К осени эти соотношения меняются: кобальта становится в 10 раз, железа в 6 раз, марганца и меди в 1,5 раза меньше, содержание цинка, свинца и никеля практически не меняется. В отсутствие затопления пойм (2010 и 2011 гг.) значительно снижается концентрация цинка (в 2–7 раз весной и осенью соответственно), содержание остальных ТМ, кроме меди, уменьшается в 2–4 раза.

Подтопление почв оказывало влияние на внутрисезонное изменение их химического состава. Так, в немелиорируемых почвах к осени за счет поверхностного механического стока с полей в период обильного выпадения атмосферных осадков происходило уменьшение содержания меди в 4, цинка, свинца и никеля в 2 раза. В засушливые периоды 2010 и 2011 гг. содержание всех ТМ в почвах к осени каждого года увеличивалось примерно в 1,5–2 раза. В мелиорируемых почвах одновременное действие поверхностного и дренажного стоков по осушительным каналам изменяло процессы транзита-аккумуляции ТМ: к осени многоводного 2009 г. концентрации Mn, Pb, Ni уменьшились в 1,5 раза, Fe – 3 раза, Cu, Co – в 4,5 раза, содержание Zn увеличилось в 1,2 раза. При уменьшении количества атмосферных осадков (2010 и 2011 гг.) к осени прослеживалось увеличение содержания Fe, Cu, Co в 1,5 раза, снижение концентраций Zn, Mn, Pb, Ni в 1,5–2 раза. Это привело к изменению концентрационных рядов ТМ (см. табл. 1).

В мелиорированных почвах расположение ТМ в концентрационных рядах в течение сезона не изменялось, но зависело от степени затопления пойм. В засушливые периоды, по сравнению с сезонами с повышенной влажностью, происходила инверсия положения марганца и свинца, вероятно, вследствие изменения их геохимической подвижности. В противоположность этому в неосушенных почвах, независимо от атмосферного увлажнения, ряд ТМ претерпевал значительную инверсию, кроме первого (железо) и последнего (никель) элементов.

Суммарные коэффициенты загрязнения почв также зависели от объема атмосферных осадков (табл. 2).

По величине суммарного показателя $Z_{\text{ср}}$ мелиорированные почвы в период их затопления относились к первой категории загрязнения «допустимое», а немелиорированные – ко второй «умеренно опасное». В период с более низким объемом атмосферных осадков (2010 и 2011 гг.) происходило увеличение загрязнения почв до «высоко опасного».

Таким образом, осушительная мелиорация в зависимости от степени затопления почв приводит к изменению концентрации подвижных форм ТМ, вероятно, не только под влиянием механического транзита с водными потоками, но и вследствие изменения состава и количества соединений, выступающих в качестве лигандов при комплексообразовании с ТМ, таких как гумусовые вещества и гидратаны [13–15].

Таблица 2 / Table 2

Суммарные коэффициенты загрязнения пойменных почв /
Cumulative contamination rates of floodplain soils

Год / Year	Период / Period	Объем атмосферных осадков, мм / Precipitations, mm	Суммарные коэффициенты загрязнения почв / Cumulative contamination rates of floodplain soils	
			Мелиорированные почвы / Tilled soils	Немелиорированные почвы / Untilled soils
2009	Зима–весна / Winter-spring	61,9	11,83	20,24
	Лето–осень / Summer-autumn	901,7	9,28	11,03
2010	Зима–весна / Winter-spring	206	44,64	82,52
	Лето–осень / Summer-autumn	473,9	19,01	111,2
2011	Зима–весна / Winter-spring	152,4	49,98	92,25
	Лето–осень / Summer-autumn	587,7	21,42	121,8

Нами показано, что поверхностные горизонты немелиорированных почв (10–20 см) содержали больше гумуса, чем мелиорированных. Гумус может препятствовать миграции ТМ вследствие высоких сорбционных свойств, поскольку образует с ними сложные и комплексные соединения, менее доступные растениям [16, 17]. Мелиорация, особенно при одновременном затоплении пойм атмосферными осадками, приводила к уменьшению содержания гумуса и его медленному восстановлению в исследованных почвах – на 0,2% за 3 года, что могло вызвать уменьшение содержания железа и марганца (см. табл. 1). Это согласуется с работами, в которых показано, что при проведении осушительной мелиорации происходит ускоренная миграция железа, поскольку оно находится в почвах в виде аморфных окисных и закисных, а также железо-гумусовых соединений; и 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 [18]. Аналогичные процессы происходят с подвижными соединениями марганца, потому что его миграция в верхних горизонтах почв также связана с абсорбцией с гумусовыми веществами [19]. Изменение концентраций других поллютантов также зависит от содержания гумуса. Как показано в работе [20], для кобальта и цинка существует прямая зависимость снижения подвижных соединений в почве при снижении содержания гумуса. Для меди и свинца существует обратная зависимость: их количество снижается при увеличении гумуса, поэтому прослеживается небольшое уменьшение концентраций данных поллютантов.

Одним из основных факторов, обуславливающих подвижность ТМ, является кислотность почв. Во всех исследуемых почвах этот показатель в весенний период меняется в интервале 5,1–5,9 ед. рН, в осенний – от 5,5 до 6,4 ед. рН. Известно, что по отношению к кислотности цинк, медь и кобальт 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, гидрооксидов, а также за счет поглощения органическими и минеральными коллоидами [21].

Заключение

Проведенное исследование показало, что на химический состав пойменных почв, расположенных в Ленинском районе Еврейской автономной области, могло оказывать влияние атмосферное увлажнение летне-осеннего периода: в засушливые годы происходило накопление тяжелых металлов, при обильном выпадении осадков преобладали процессы, ведущие к уменьшению концентрации поллютантов. Затопление пойм изменяло содержание ТМ вследствие механического стока, уменьшения содержания гумуса и изменения кислотности почв. Таким образом, осушительная мелиорация приводит к уменьшению содержания подвижных форм тяжелых металлов; с этой точки зрения данные почвы более пригодны для использования в сельскохозяйственном севообороте, чем немелиорированные.

Литература

1. Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М. : Академкнига, 2002. 255 с.
2. Яблонских Л.А. Генезис и классификация почв пойм речных долин Среднерусского Черноземья // Вестник Воронежского государственного университета. География, геоэкология. 2001. № 1. С. 43–51.
3. Маслов Б.С., Нестеренко И.М. Изменение свойств торфяных почв под влиянием осушения и использования в центре и на севере России // Мелиорация и водное хозяйство. 2002. № 2. С. 23–26.
4. Слагада Р.Г. Изменение физических свойств и состава торфяных почв в процессе их сельскохозяйственного использования // Мелиорация переувлажненных земель. 2006. №1(53). С. 119–157.
5. Муромцев Н.А., Шуравилин А.В. Изменение агрохимических свойств пойменных почв долины среднего течения реки Москвы при интенсивном их использовании // Агро XXI. 2006. № 4–6. С. 43–44.
6. Росликова В.И. Почвы Средне-Амурской низменности и их особенности агрогенных трансформаций // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2009. № 2(13). С. 95–102.
7. ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб. М. : Стандартинформ. 2008. 7 с.
8. Матюшкина Л.А. Проблемы и принципы эколого-агрохимической оценки состояния почв равнинного Приамурья // Материалы IV Междунар. конф. «Современные

- проблемы регионального развития» (Биробиджан, 09–12 октября 2012 г.). Биробиджан : ИКАРП ДВО РАН, ДВГСТА, 2012. С. 29–30.
9. Орлов Д.С. Химия почв. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1985. 376 с.
 10. ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. М. : Изд-во стандартов, 1985. 7 с.
 11. Выборов С.Г., Павелко А.И., Щукин В.Н., Янковская Э.В. Оценка степени опасности загрязнения почв по комплексному показателю нарушенного геохимического поля // Современные проблемы загрязнения почв: междунар. науч. конф. М., 2004. С. 195–197.
 12. Статюха Г.О., Бойко Т.В., Ищенина А.О. Алгоритм количественного анализа почвы при проведении ОВОС // Вестник Черкасского государственного технологического университета. 2009. № 2. С. 107–110.
 13. Brown G.E., Foster A.L., Ostergren J.D. Mineral surface and bioavailability of heavy metals: A molecular-scale perspective // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1999. Vol. 96. P. 3388–3395.
 14. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М. : ACADEMIA, 2003. 396 с.
 15. Manseau A., Marcus M., Tamura N. Quantative speciation of heavy metals in soils and sediments by synchrotron X-ray techniques // Applications of Synchrotron Radiation in Low-Temperature Geochemistry and Environmental Science. Reviews in Mineralogy and Geochemistry. Washington, DC. 2002a. Vol. 49. P. 341–428.
 16. Абашев В.Д. Вынос элементов питания дренажным стоком с осушенных земель // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 1997. № 5. С. 26–28.
 17. Бондарев А.Г. К оценке степени деградации пахотного слоя почв по физическим свойствам // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения. М. : РАСХН, 1998. Т. 1. С. 28–30.
 18. Зонн С.В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты). М. : Наука, 1982. 209 с.
 19. Федоров А.С. Влияние техногенных факторов на содержание тяжелых металлов в гумусовом горизонте почв и растениях // Почвоведение. 1988. № 3. С. 137–147.
 20. Гайдукова Н.Г., Терпелец В.И., Баракин Н.С., Шабанова И.В. О распределении соединений Mn, Cu, Zn, Co, Pb в почвенном профиле чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 95 (01). С. 1–20.
 21. Cao X.D. Effects of redox potential and pH value on the release of rare elements from soil // Chemosphere. 2001. Vol. 44. P. 655–661.

Поступила в редакцию 29.04.2014 г.; повторно 17.07.2014 г.;
принята 24.09.2014 г.

Зубарев Виталий Александрович – м.н.с. лаборатории региональной геоэкологии Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН (Еврейская автономная область, г. Биробиджан, Россия).

E-mail: Zubarev_1986@mail.ru

Vitaliy A. Zubarev

Regional Laboratory of Geoecology, Institute for Complex Analysis of Regional Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Birobidzhan, Jewish Autonomous Oblast, Russian Federation.

E-mail: Zubarev_1986@mail.ru

Influence of drainage amelioration on the heavy metal content of floodplain soils in the middle Amur lowland

The features of floodplain soils of small rivers depend on frequently changing environmental conditions (e.g., volatile humidity, vegetative composition, dynamics of alluvial sediment deposits and terrain features). Research on floodplain soils is important for regions characterized by agricultural land and for those with waterlogged soils in which drainage and reclamation works are conducted. For example, Leninsky District of Jewish Autonomous Oblast is characterized by farmlands, which occupy approximately 30% of the total territory. Our research aims to study the influence of amelioration on heavy metal (HM) content of floodplain soils in the middle Amur lowland. The agricultural land of Leninsky district is mainly represented by meadow clay soils formed on heavy textured parent material characterized by low-power humus horizon. The presence of slopes and alluvial clay impedes the flow of surface water and groundwater. These factors result in the retention of a significant amount of moisture in the soil. Soil water retention restricts the usage of water without requiring reclamation. This research focuses on enhanced and unenhanced polygons and reclaimed, tilled and untilled agricultural turnover in soil. We took samples from the soil surface in accordance with GOST 28168-89 in the spring and autumn of 2009-2011. The HMs Fe and Mn are typical natural pollutants in the middle Amur Lowland, whereas Ni, Cu, Pb, Zn, and Co are typical natural and anthropogenic contaminants. HMs are mobilized in the soil when extracted with 1 N hydrochloric acid. We analyzed HM contents using atomic absorption spectrometry (Thermo Electron SOLAAR 6M). Our study indicates that the accumulation of HM during the growing season depends on the land use type and weather conditions. Thus, the lowest HM concentrations were determined in reclaimed soils during their periodic flooding in spring and autumn (2009). Relative to 2009, the years with lower atmospheric moisture (2010-2011) yielded considerable amounts of HM. In 2009, the largest total contamination score in drained soil belonged to the first pollution category, i.e., the "allowable" category, and the rest of the soils belonged to the second category. We observed an increase in soil contamination, categorized as "highly dangerous", during the period of low precipitation volume (2010-2011). Thus, drainage and reclamation reduce the content of mobile forms of HM and are better used in soils with agricultural crop rotation than in unenhanced soil.

The article contains 1 figure, 2 tables, 21 ref.

Key words: floodplain soils; drainage reclamation; heavy metals; middle Amur lowland.

References

1. Litvin LF. Geografiya erozii pochv sel'skokhozyaystvennykh zemel' Rossii [Geography of soil erosion of agricultural lands in Russia]. Moscow: Akademkniga Publ.; 2002. 255 p. In Russian

2. Yablonskikh LA. Genesis i klassifikatsiya pochv poym rechnykh dolin Srednerusskogo Chernozem'ya [Genesis and classification of flood plains soils of the river valleys in the Central Chernozem Region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiya, geojekologiya*. 2001;1:43-51. In Russian
3. Maslov BS, Nesterenko IM. Izmenenie svoystv torfyanykh pochv pod vliyaniem osusheniya i ispol'zovaniya v tsentre i na severe Rossii [Changes in the properties of peat soils under the influence of drainage and the use in the center and the north of Russia]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*. 2002;2:23-26. In Russian
4. Slagada RG. Izmenenie fizicheskikh svoystv i sostava torfyanykh pochv v protsesse ikh sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya [Changes in the physical properties and composition of peat soils in the process of agricultural use]. *Melioratsiya pereuvlazhnennykh zemel'*. 2006;1(53):119-157. In Belarusian
5. Muromtsev NA, Shuravilin AV. Izmenenie agrokhimicheskikh svoystv poymennykh pochv doliny srednego techeniya reki Moskvy pri intensivnom ikh ispol'zovanii [Changes in the agrochemical properties of floodplain soils of the valley of the Mosca river middle reaches in the process of their intensive use]. *Agro XXI*. 2006;4-6:43-44. In Russian
6. Roslikova VI. Soils of the Middle-Amur lowland and features of their agrogenic transformations. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009;2(13):95-102. In Russian
7. GOST 28168-89. Pochvy. Otbor prob [Soils. Sampling]. Moscow: Standartinform Publ.; 2008. 7 p. In Russian
8. Matyushkina LA. Problemy i printsipy ekologo-agrokhimicheskoy otsenki sostoyaniya pochv ravninnogo Priamur'ya [Problems and principles of ecological and agrochemical soil assessment of the plain Priamurye]. In: *"Materialy IV mezhdunarodnoy konferentsii "Sovremennye problemy regional'nogo razvitiya". 09-12 oktyabrya 2012 g* [Modern problems of regional development. Proc. of IV International Conference]. Birobidzhan: IKARP DVO RAN, DVGSGA Publ.; 2012:29-30. In Russian
9. Orlov DS. Khimiya pochv [Soil chemistry]. Moscow: Moscow State University Publ.; 1985. 376 p. In Russian
10. GOST 26423-85. Pochvy. Metody opredeleniya udel'noy elektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoy vytyazhki [Soils. Methods for determinating the electrical conductivity, pH and the solid residue of the aqueous extract]. Moscow: Izdatel'stvo standartov Publ.; 1985. 7p. In Russian
11. Vyborov SG, Pavelko AI, Shchukin VN, Yankovskaya JV. Otsenka stepeni opasnosti zagryazneniya pochv po kompleksnomu pokazatelyu narushennogo geokhimicheskogo polya [Risk assessment of soil contamination by an integrated indicator of impaired geochemical field]. In: *Sovremennye problemy zagryazneniya pochv* [Modern problems of soil pollution]. 2004:195-197. In Russian
12. Statyukha GO, Boyko TV, Ishchinina AO. Algoritm kolichestvennogo analiza pochvy pri provedenii OVOS [Algorithm for the quantitative soil analysis in the EIA]. *Vestnik Cherkasskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta*. 2009;2:107-110. In Ukrainian
13. Brown GE, Foster AL, Ostergren JD. Mineral surface and bioavailability of heavy metals: A molecular-scale perspective. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1999;96:3388-3395. doi: [10.1073/pnas.96.7.3388](https://doi.org/10.1073/pnas.96.7.3388)
14. Dobrovolskiy VV. Osnovy biogeokhimii [Fundamentals of biogeochemistry]. Moscow: ACADEMIA Publ.; 2003. 396 p. In Russian
15. Manceau A, Marcus M, Tamura N. Quantative speciation of heavy metals in soils and sediments by synchrotron X-ray techniques. *Applications of Synchrotron Radiation in Low-Temperature Geochemistry and Environmental Science. Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. Washington, DC. 2002;49:341-428. doi: [10.2138/gsrmg.49.1.341](https://doi.org/10.2138/gsrmg.49.1.341)

16. Abashev VD. Vynos elementov pitaniya drenazhnym stokom s osushennykh zemel' [Removal of the battery drain runoff from the reclaimed land]. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 1997;5:26-28. In Russian
17. Bondarev AG. K otsenke stepeni degradatsii pakhotnogo sloya pochv po fizicheskim svoystvam [On assessing the extent of degradation of the arable layer of soil physical properties]. In: *Antropogennaya degradatsiya pochvennogo pokrova i mery ee preduprezhdeniya*. Moscow: Rossiyskaya akademiya sel'skokhozyaystvennykh nauk Publ.; 1998;1:28-30. In Russian
18. Zonn SV. Zhelezo v pochvakh (geneticheskie i geograficheskie aspekty) [Iron in soils (genetic and geographical aspects)]. Moscow: Nauka Publ.; 1982. 209 p. In Russian
19. Fedorov AS. Vliyanie tekhnogennykh faktorov na sodержanie tyazhelykh metallov v gumusovom gorizonte pochv i rasteniyakh [The influence of anthropogenic factors on the content of heavy metals in the humus horizon of soils and plants]. *Pochvovedenie*. 1988;3:137-147. In Russian
20. Gaydukova NG, Terpelets VI, Barakin NS, Shabanova IV. O raspredelenii soedineniy Mn, Su, Zn, Co, Pb v pochvennom profile chernozema vshchelochennogo Azovo-Kubanskoy nizmennosti [On distribution of the compounds of Mn, Cu, Zn, Co, Pb in the soil profile of leached chernozem of the Azov-Kuban lowland]. *Nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014;95(01):1-20. In Russian
21. Xinde Cao, Ying Chen, Xiaorong Wang, Xihai Deng. Effects of redox potential and pH value on the release or rare elements from soil. *Chemosphere*. 2001;44:655-661. doi: [10.1016/s0045-6535\(00\)00492-6](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(00)00492-6)

Received 29 April 2014;

Revised 17 July 2014;

Accepted 24 September 2014

Zubarev VA. Influence of drainage amelioration on the heavy metal content of floodplain soils in the middle Amur lowland. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2014;4(28):6-16. doi: 10.17223/19988591/28/1
In Russian, English summary