

В восточной части изучаемой территории (Дубровенский, Оршанский р-ны), по данным [8], формирование речных осадков в верховье р. Днепр связано, главным образом, с размывом отложений зоны краевых образований оршанской стадии поозёрского оледенения, лёссовидных пород, а также дочетвертичных отложений – девонских известняков в районе г. Орши. В отложениях отмечается понижение концентраций Ca, Mg, Pb. Содержание Si и Zr на всех участках в пределах или выше региональных кларков четвертичных пород. В зоне распространения лёссовидных суглинков в отложениях установлены вышекларковые концентрации Cu и Mn.

Исходя из выше изложенного, на основе анализа геохимических данных, в т. ч. коэффициентов концентрации и их дифференциации, определены ассоциации элементов, ранжированные по убыванию Кк. Выделены геохимические ассоциации для группы накапливающихся элементов с $K_k \geq 1,5$ и группы дефицита с $K_k < 0,7$. Ассоциация накапливающихся элементов представлена Ba, Zr, Cr, P, а группа дефицита включает Co, Zn, Ca, Fe, Mg.

Библиографические ссылки

1. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Под ред. К. И. Лукашёва. Минск : Наука и техника, 1969.
2. Лукашёв О. В., Жуковская Н. В., Лукашёва Н. Г., Савченко С. В. Фоновое содержание химических элементов в почвах и растительности особо охраняемых природных территорий Белорусского Поозерья // Природопользование. 2009. Вып. 16. С. 57–63.
3. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2018 год / Под общей ред. Е. П. Богодяж. Минск : Республик. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактив. загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2019.
4. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2019 год / Под общей ред. Е. П. Богодяж. Минск : Республик. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактив. загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2020.
5. Матвеев А. В., Бордон В. Е. Геохимия четвертичных отложений Беларуси. Минск : Беларус. навука, 2013.
6. Петухова Н. Н., Кузнецов В. А. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси // Докл. АН Беларуси. 1992. Т. 36, № 5. С. 461–465.
7. Разработка и внедрение методики геохимического картирования покровных отложений Беларуси с составлением опытного образца геохимической карты масштаба 1 : 100 000 / Отчёт гос. предприятия «НПЦ по геологии». Рег. № 20122875. В 2 ч. Минск, 2013.
8. Геохимия седиментогенеза речных бассейнов в голоцене Беларуси (экологический аспект) / Отчёт Ин-та геохимии и геофизики НАН Беларуси. Рег. № 2002787. Минск, 2005.

УДК 502.65+628.381.1+631.4

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК

Е. Н. Басалай¹, В. С. Хомич²

¹Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси,
ул. Советских Пограничников 41, 224030 Брест; basalaiekaterina@yandex.ru

²Институт природопользования НАН Беларуси,
ул. Ф. Скорины 10, 220114 Минск, Республика Беларусь; valery_khomich@mail.ru

Рассмотрены результаты исследований состояния почвенного покрова в зонах воздействия очистных сооружений гг. Кобрин, Берёза и Малорита (Беларусь). Изучены агрохимические свойства почв, содержание подвижных форм тяжёлых металлов (Pb, Zn, Cu и Ni) и водорастворимых веществ в

почвах. Установлено, что функционирование городских очистных сооружений сопровождается изменением агрохимических свойств почв, накоплением подвижных форм тяжёлых металлов в почвах и их засолении. Основным источником загрязнения и засоления почв является поступление в почву осадка городских сточных вод.

Ключевые слова: городские очистные сооружения; осадки городских сточных вод; агрохимические показатели; тяжёлые металлы.

The results of studies of the state of the soil cover in the zones of influence of treatment facilities of the cities of Kobrin, Bereza and Malorita (Belarus) are considered. The agrochemical properties of soils, the content of mobile forms of heavy metals (Pb, Zn, Cu and Ni) and water-soluble substances in soils were studied. It was found that the functioning of urban wastewater treatment plants is accompanied by changes in the agrochemical properties of soils, the accumulation of mobile forms of heavy metals in soils and their salinization. The main source of soil pollution and salinization is the introduction of sewage sludge into the soil.

Key words: urban wastewater treatment plants; urban wastewater sludge; agrochemical indicators, heavy metals.

В Беларуси, как и в России, проблема утилизации осадков городских сточных вод (ОГСВ) не решена, они в подавляющем большинстве городов складываются на иловых площадках, становясь долговременными источниками загрязнения почв, поверхностных и подземных вод на прилегающих территориях [3, 4]. Воздействие очистных сооружений (ОС) и иловых площадок на природную среду, состав и свойства ОГСВ как потенциальных источников загрязнения, возможности использования ОГСВ изучаются нами на примере городских ОС Брестской обл. [2, 3]. В данной статье рассмотрены особенности воздействия городских ОС, включая иловые площадки, на состояние почвенного покрова, изменение агрохимических свойств почв, загрязнение почв тяжёлыми металлами (ТМ) и их засоление.

Объекты и методика исследований. В качестве объектов детальных почвенно-геохимических исследований выбраны ОС трёх городов Брестской обл., на которых функционируют иловые площадки, в т. ч. гг. Кобрин (52,8 тыс. жителей), Берёзы (28,6 тыс.) и Малориты (12,9 тыс.). Исследования проводились в 2018–2020 гг. В местах расположения изучаемых объектов преобладают дерновые и дерново-подзолистые глеевые почвы на водно-ледниковых песках и супесях.

Для геохимической оценки состояния почв отбор проб производился на промплощадке ОС, ближней зоне их воздействия (БЗВ, до 30 м) и санитарно-защитной зоне ОС (СЗЗ, 30–300 м). Оценка изменений агрохимических свойств почв и накопления в них подвижных форм ТМ проводилась путём сопоставления полученных значений с местным фоном. В качестве фоновых использовались по 3 пробные площадки, заложенные в сходных ландшафтно-геохимических условиях на расстоянии около 500 м от промплощадок ОС. Пробы почвы отбирались с глубины 0–20 см. Количество изученных почвенных проб составило: в Кобрине – 187, Малорите – 35, Берёзе – 36. Изучались также свойства и состав ОГСВ как потенциальных загрязнителей почв.

Агрохимические показатели и содержание водорастворимых веществ в почвах определялись по стандартным методикам. Измерение содержания в почвах подвижных форм ТМ (Pb, Zn, Cu и Ni) проводилось с использованием ацетатно-аммонийного буферного раствора с pH 4,8.

Изменение агрохимических свойств почв. Кислая реакция почвенной среды, характерная для фоновых почв (pH 5,3–5,5) в зонах воздействия ОС подщелачивается до pH 5,8–6,5 на промплощадках и в БЗВ и до pH 5,6–5,9 в СЗЗ (30–300 м от промплощадок ОС). Подщелачивание почв вызвано, прежде всего, внесением или непреднамеренным поступлением в почву ОГСВ, характеризующихся близкой к нейтральной (pH 6,7–7,1) реакцией среды [3] (табл. 1).

Таблица 1 – Средние значения показателей агрохимических свойств почв в зонах воздействия ОС гг. Кобрина, Малориты и Берёзы

Место отбора пробы		pH	Гумус, %	N _{общ.} , %	NO ₃ ⁻ , мгN/кг	NH ₄ ⁺ , мгN/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
ОС г. Кобрина	БЗВ ¹	6,5	2,3	0,183	29,2	24,7	539,0	127,6
	СЗЗ ²	5,9	1,86	0,165	16,8	15,9	316,5	110,3
	Фон	5,3	1,53	0,129	5,4	9,7	187,8	98
	ОГСВ	7,0	–	3,97	–	–	46 500	2 900
ОС г. Малориты	БЗВ	5,9	2,53	0,167	16,7	22,4	447,7	62,7
	СЗЗ	5,7	2,04	0,134	8,3	19,5	221,6	53,7
	Фон	5,5	1,86	0,109	3,4	13,6	142,5	49,5
	ОГСВ	6,7	–	4,41	–	–	31 100	2 500
ОС г. Берёзы	БЗВ	5,8	2,44	0,158	19,2	27,3	295,9	173,7
	СЗЗ	5,6	1,87	0,126	9,6	21,2	209,7	128,9
	Фон	5,5	1,20	0,113	3,7	17,3	177	117,6
	ОГСВ	7,1	–	3,39	–	–	30 200	2 800

¹ Промплощадка ОС и БЗВ (до 30 м);

² СЗЗ (30–300 м)

Содержание гумуса на промплощадке и в БЗВ в среднем в 1,4–2 раза выше, чем на фоновой территории, в СЗЗ – в 1,1–1,6 раза, что приближает данные почвы по среднему показателю содержания гумуса к почвам сельскохозяйственных земель Брестской обл. в целом [1].

По мере удаления от ОС содержание N общего, нитратного и аммонийного, подвижных соединений P и K в почве снижается на всех исследуемых объектах. Для промплощадок ОС и БЗВ (до 30 м) ассоциация биогенных элементов относительно местного фона имеет следующий вид: NO₃⁻(5,1) > P₂O₅(2,6) > NH₄⁺(1,9) > N_{общ.}(1,4) и K₂O(1,4). Для СЗЗ (30–300 м) ряд накопления имеет тот же порядок, однако степень накопления биогенных элементов примерно в 1,5–2 раза ниже, чем в БЗВ: NO₃⁻(2,7) > P₂O₅(1,5) > NH₄⁺(1,4) > N_{общ.}(1,2) > K₂O(1,1).

При этом необходимо отметить высокую степень накопления и обеспеченности почв P по сравнению с местным фоном и средним содержанием в почвах сельскохозяйственных земель Брестской обл.: на промплощадках и БЗЗ – в 1,6–3 раза, в СЗЗ – в 1,2–1,8 раза. В то же время, несмотря на некоторое обогащение почв K в пределах БЗВ и СЗЗ, они характеризуются низкой обеспеченностью подвижным K.

Основным источником поступления биогенных веществ в почвы в зонах воздействия ОС являются ОГСВ, содержание в которых биогенных веществ, как видно из табл. 1, на несколько порядков выше, чем в почвах фоновых территорий.

Загрязнение почв ТМ. Функционирование городских ОС сопровождается накоплением ТМ в почвах на их промплощадках и в СЗЗ. На промплощадках и в БЗВ рассматриваемых ОС среднее содержание подвижной Cu в почве изменяется в пределах 0,56–0,98 мг/кг, Ni – 0,19–0,96, Zn – 14,21–8,5 и Pb – 0,64–0,68 мг/кг. При этом наибольшее среднее содержание подвижных Cu и Zn характерно для ОС г. Берёзы, Ni – для ОС г. Кобрина. Максимальное содержание подвижных Cu и Ni зафиксировано в зоне воздействия ОС г. Кобрина (1,55 и 3,51 мг/кг), подвижных Zn и Cu – в зоне воздействия ОС г. Берёзы (268,3 и 1,31 мг/кг соответственно). По содержанию подвижной Cu в почве не выявлено значительных различий как между рассматриваемыми ОС, так и на различном удалении от них.

Наибольший средний уровень накопления подвижной Cu в почве по сравнению с фоном зафиксирован на промплощадке и в БЗВ ОС г. Малориты (K_к = 4,2), Ni – на ОС г. Кобрина (3,3), Zn – на ОС г. Берёзы (K_к = 2,4) (рис.). В СЗЗ рассматриваемых ОС наибольший уровень накопления Cu в почве имеет место в зоне влияния ОС г. Малориты (K_к = 2,7), Ni и Cu – в зоне влияния ОС г. Кобрина (K_к = 2,8 и 1,8 соответственно).

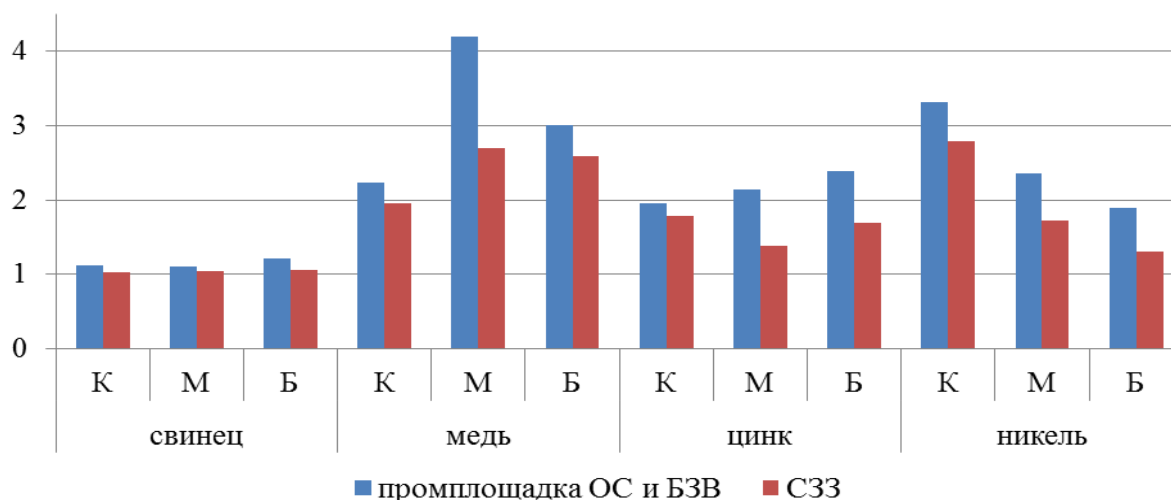


Рисунок – Коэффициенты концентрации подвижных форм ТМ в почвах в зонах воздействия ОС гг. Кобрина (К), Малориты (М) и Берёзы (Б) относительно местного фона

В СЗЗ ОС рассматриваемых городов средние содержания подвижных Cu, Ni и Zn в почве на 9–36 % ниже по сравнению с промплощадкой и БЗВ. Различия в содержании Pb между рассматриваемыми зонами незначительны – 5–12 %.

Несмотря на обогащение почв в зонах воздействия рассматриваемых ОС подвижными Cu, Ni и Pb, их концентрации в почве не достигают величин ПДК/ОДК. В то же время выявлены концентрации подвижного Zn, превышающие дифференцированные нормативы для почв сельскохозяйственного (23 мг/кг) и промышленного назначения (50 мг/кг). Среднее содержание подвижного Zn на промплощадках всех трёх ОС ниже ПДК. Максимальная зафиксированная концентрация подвижного Zn на промплощадке ОС г. Берёзы в 5,4 раза выше ПДК, на промплощадке ОС г. Малориты – в 1,2 раза. На промплощадке ОС г. Кобрина превышения ПДК по Zn подвижному не выявлены.

В зоне воздействия ОС г. Берёзы средняя концентрация подвижного Zn выше ПДК: в БЗВ (0–30 м) в – 1,5 раза, в СЗЗ (30–300 м) – в 1,2 раза.

В зонах воздействия всех трёх ОС максимальные концентрации подвижного Zn превышают ПДК. Наибольшие превышения зафиксированы в БЗВ (0–30 м) и СЗЗ (30–300 м) ОС г. Берёзы – в 10,2 и 9,0 раз соответственно. На ОС г. Малориты подобные превышения были значительно меньше – в 2,2 раза (БЗВ) и 1,9 раза (СЗЗ). Максимальные превышения ПДК подвижного Zn в почве в БЗВ и СЗЗ ОС г. Кобрина были идентичны – в 1,4 раза.

Таблица 2 – Среднее содержание водорастворимых веществ в почвах в зонах воздействия ОС гг. Кобрина, Малориты и Берёзы, мг/кг

Место отбора	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Сумма солей
Промплощадка и БЗВ	377,0	19,6	121,1	102,1	51,6	22,4	69,2	1 054,4 ¹
СЗЗ	104,7	20,6	24,3	42,1	13,7	11,1	41,2	401,2 ¹
Фон [5]	20	10	10	30	следы	10	следы	80

¹ С учётом содержания NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ .

Засоление почв. Установлен широкий диапазон колебания концентрации водорастворимых веществ в почвах в зонах воздействия ОС (мг/кг): HCO_3^- (48,8–695,4), Cl^- (15,4–41,4), SO_4^{2-} (9,7–490,0), NO_3^- (3,8–418,4), PO_4^{3-} (76,9–336,2), NH_4^+ (1,8–56,0), Ca^{2+} (30,0–339,1), Mg^{2+} (9,1–77,1), Na^+ (3,7–55,0), K^+ (24,0–95,0). Общее содержание водорастворимых солей – 338,6–4 070 мг/кг. Минимальное содержание солей находится на уровне фоновых значений,

максимальное – на 1–2 порядка выше фоновых, что свидетельствует о засолении почв в зонах воздействия городских ОС (табл. 2). Наибольшее накопление солей в почве имеет место на промплощадках и в БЗВ (до 30 м). В СЗЗ содержание солей в 2–5 раз ниже, за исключением хлоридов, что связано с высокой их подвижностью в почве.

Основными источниками засоления почв в зонах воздействия ОС и ИП являются аварийные разливы сточных вод и целенаправленное внесение либо непреднамеренное попадание ОГСВ в почву. Общее содержание солей в ОГСВ составляет 61,6–103,6 г/кг, что примерно в 1 000 раз выше, чем в незагрязнённой почве.

Заключение. Как показали изложенные и выполненные ранее [3] результаты исследований, функционирование городских ОС и их воздействие на почвенный покров сопровождаются изменениями агрохимических свойств почв, накоплением подвижных форм ТМ в почвах и их засолением.

Изменение агрохимических свойств почв выражается, прежде всего, в обогащении почв гумусом, N нитратным, подвижными соединениями P, в меньшей степени N аммония, и повышении обеспеченности почв элементами питания. В наибольшей степени в почвах в зонах воздействия городских ОС накапливаются подвижные Cu, Ni и Zn. Накопление Pb в почве незначительно. Накопление подвижного Zn в почвах промплощадок ОС и в СЗЗ достигает опасных уровней (выше ПДК). Наибольшая степень накопления водорастворимых солей в почве имеет место на промплощадках ОС и в БЗВ (до 30 м); с удалением содержание солей в почве снижается. Основным источником загрязнения почв ТМ и их засоления в зонах воздействия городских ОС и иловых площадок является целенаправленное либо непреднамеренное поступление ОГСВ в почву.

Библиографические ссылки

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.). Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017.
2. Басалай Е. Н. Оценка влияния городских очистных сооружений Брестской области на загрязнение поверхностных вод // Природопользование. 2019. № 2. С. 86–95.
3. Басалай Е. Н., Хомич В. С., Дашкевич М. М. Эколого-геохимическая оценка почв в зоне влияния очистных сооружений среднего города (на примере г. Кобрин, Беларусь) // Природопользование. 2020. № 1. С. 86–97.
4. Дрегуло А. М. Трансформация иловых карт в объекты накопленного экологического ущерба: риски, факторы, техногенез. М. : Издат. дом «БИБЛИО-ГЛОБУС», 2019.
5. Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И., Кравчук Л. А. Светлогорск. Экологический анализ города. Минск : РУП Минсктиппроект, 2002.

УДК 37.013.75

К ВОПРОСУ О ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМАХ СОЗДАНИЯ УЧЕБНЫХ МУЛЬТИРЕГИОНАЛЬНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ КАРТ

Д. Л. Творонович-Севрук

Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,
пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; 375297634959@ya.ru

Рассмотрены проблемы создания учебных мультирегиональных тектонических карт.

Ключевые слова: карты; тектоника.

The problems of creating educational multiregional tectonic maps are considered.

Key words: maps; tectonics.