

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОД ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Е. Витковская<sup>1,2</sup>, Ю. О. Шилова<sup>1</sup>, Д. М. Малюхин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный гидрометеорологический университет  
192007, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79, Россия;

<sup>2</sup> ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»  
195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., 14, Россия;

<sup>3</sup> ООО «Чистая земля»  
192092, Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, 76 а, лит. Р, Россия  
E-mail: s.vitkovskaya@mail.ru

Поступила в редакцию 24 апреля 2018 г., принята к печати 26 февраля 2019 г.

Представлены результаты исследований элементного состава фильтрационных вод (ФВ) двух полигонов твердых коммунальных отходов Ленинградской области, период эксплуатации которых на момент проведения исследования (2017 г.) составлял 17 лет. Выявлено, что потенциальная опасность воздействия ФВ исследуемых полигонов на водные объекты связана с чрезвычайно высоким содержанием аммонийного азота и повышенными концентрациями тяжелых металлов. Содержание Cd, Hg, Pb и Cr в ФВ полигона ТКО «Новый Свет-ЭКО» превысило гигиенический норматив для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения в 97, 4, 7 и 8 раз соответственно. Превышение гигиенического норматива содержания аммонийного азота в ФВ исследуемых полигонов достигало 360–1750 раз. Расчетным методом установлено, что загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами (превышение ПДКп) возможно только при длительном контакте фильтрата с почвой, например, в пределах фильтрационной канавы, а также при отсутствии сооружений для сбора и отведения фильтрационных вод (несанкционированные свалки).

**Ключевые слова:** твердые коммунальные отходы, захоронение отходов, фильтрационные воды, воздействие на окружающую среду.

## EVALUATION OF POTENTIAL ENVIRONMENTAL DANGER OF FILTRATION WATERS OF SOLID MUNICIPAL WASTE LANDFILLS IN THE LENINGRAD REGION

S. E. Vitkovskaya<sup>1,2</sup>, Yu. O. Shilova<sup>1</sup>, D. M. Malyuhin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Russian State Hydrometeorological University  
79, Voronezhskaya St., Saint-Petersburg, 192007, Russia;

<sup>2</sup> Agrophysical Research Institute  
14, Grazhdanskiy pr., Saint-Petersburg, 195220, Russia;

<sup>3</sup> LLC «Pure land»  
76 a, lit. R, Obukhovskoy Oborony pr., Saint-Petersburg, 192092, Russia  
E-mail: s.vitkovskaya@mail.ru

The paper presents the results of studies of the elemental composition of filtration waters (FW) of two landfills for municipal solid waste in the Leningrad region. The period of operation of landfills at the time of the study (2017) was 17 years. It has been revealed that the potential risk of impact of FW on water is associated with extremely high content of ammonium nitrogen and high concentrations of heavy metals. The content of Cd, Hg, Pb and Cr in FW of «New Light-ECO» landfill exceeded the hygienic standard for water objects by 97, 4, 7 and 8 times, respectively. The content of ammonium nitrogen in the FW of the tested landfills was 360–1750 times higher than the limits set by the hygienic standard. Using the calculation method, it was established that contamination of the soil with heavy metals was possible only with prolonged contact of the filtrate water with the soil, for example, within a filtration ditch, as well as in the absence of facilities for collecting and draining the filtration water (unauthorized landfills).

**Key words:** municipal solid waste, waste disposal, filtration waters, environmental impact.

## ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике захоронение твердых коммунальных (бытовых) отходов (ТКО) остается приоритетным способом их обезвреживания. Однако свалки и полигоны ТКО являются источниками долговременного загрязнения атмосферного воздуха, грунтовых вод и почвенного покрова.

Основным фактором негативного воздействия объектов размещения ТКО на окружающую среду является инфильтрация из тела полигона фильтративных вод (фильтрата), образование которых является следствием взаимодействия влаги атмосферных осадков и реакционноспособных (потенциально разлагаемых) компонентов отходов. Интенсивность выхода и элементный состав фильтративных вод (ФВ) определяются морфологическим составом и объемом отходов, наличием в их составе компонентов повышенной опасности для окружающей среды (ртутные лампы, отработанные химические источники тока, свинцовые аккумуляторы и др.), содержанием органической фракции, климатическими и гидрологическими условиями, динамикой трансформации (биохимических процессов) отходов и др. Известно (Рекомендации..., 2003), что в ФВ содержатся различные физиологические группы микроорганизмов, в том числе патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов.

Объем и химический состав ФВ изменяются в течение жизненного цикла полигона. На стадии активной эксплуатации полигона (10–30 лет) выделяются следующие фазы биодеструкции ТКО (Рекомендации ..., 2003): аэробная (продолжительность несколько месяцев) и анаэробная – гидролиз, ацетогенез (1–4 года) и активный метаногенез (до 30 лет). При площади полигона 100 га и ежегодной норме осадков 30 см средний объем стока составляет 800 м<sup>3</sup> в сутки (около 30 м<sup>3</sup> ч<sup>-1</sup>) (Скворцов и др., 1998).

Фильтрат представляет собой темноокрашенный раствор с высоким содержанием органического вещества, в котором присутствуют токсичные компоненты. По некоторым оценкам, уровень загрязнений ФВ в 5–20 раз превышает показатели, характерные для бытовых сточных вод. Фильтрат остается токсичным даже после 4-кратного (а, по некоторым данным, и 100-кратного) разбавления (Qasim, 1994; Степаненко и др., 2009; Скворцов и др., 1998; Витковская, 2012).

Для свалок в целом характерны натриево-хлоридный и натриево-гидрокарбонатный состав техногенных вод, высокое содержание аммония, преобладание аммонийного азота над нитратным, наличие тяжелых металлов, органических поллютантов, диоксинов и фуранов (Левинский и др., 1997; Новаковский и др., 1998; Водяницкий, Яковлев, 2016).

Химический состав фильтрата на различных полигонах существенно варьируется, что связано не только с внешними условиями и компонентным составом отходов, но и возрастом тела полигона. Известно (Рекомендации ..., 2003), что стабилизация биохимических процессов начинается после 30–40 лет

с начала депонирования отходов и обычно совпадает с рекультивационным этапом жизненного цикла полигона.

Основными факторами дестабилизации геоэкологической обстановки на свалках, полигонах и прилегающих к ним территориях являются трансформация органической фракции ТКО и распределение продуктов трансформации по компартаментам техногенной экосистемы. Если на полигоне отсутствуют изоляционные покрытия, то данные процессы протекают в течение длительного времени (Витковская, 2006; Витковская, 2012).

Цель работы заключалась в изучении состава фильтративных вод и оценке их потенциальной опасности для окружающей природной среды на двух объектах размещения ТКО в Ленинградской области.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись фильтративные воды полигонов ТКО Ленинградской области, период эксплуатации которых на момент проведения исследования (2017 г.) составлял 16–17 лет.

**Объект 1.** Полигон ТКО «Профспецтранс», расположенный в Волосовском районе Ленинградской области, в 5 км на юго-восток от г. Волосово. Площадь полигона составляет 5,77 га, в том числе площадь 2-х карт захоронения – 3,46 га. Объект расположен в лесном массиве в пределах Ижорской возвышенности. Для него характерен холмисто-грядовый рельеф озерно-ледникового генезиса. Питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Участок и окружающий лес заболочены. Расстояние до ближайших населенных пунктов, деревень Захонье и Заполье, – 2,5 и 3,0 км соответственно. Водные объекты вблизи полигона отсутствуют. Под картами складирования отходов полигон оборудован противофильтративным двухслойным экраном: 1-й слой – глина (0,5 м); 2-й слой – грунт (0,2 м) (по данным гидрологических исследований ООО «Профспецтранс»). На момент проведения исследования (2016–2017 гг.) срок эксплуатации полигона составлял 16–17 лет. Первая карта была заполнена почти полностью: высота тела полигона составляла около 13,5 м (максимальная высота по проекту – 15 м). Для определения степени загрязнения ФВ в июле 2017 г. были отобраны пробы из фильтративного отвода тела полигона в обводную замкнутую траншею для сбора фильтрата.

**Объект 2.** Полигон ТКО ООО «Новый Свет-ЭКО», расположенный в Гатчинском районе Ленинградской области, площадью 43 га (Полигон ТБО ..., 2018). Полигон был введен в эксплуатацию в 2001 г., он обеспечивает приём отходов из г. Санкт-Петербурга, Гатчинского района и сопредельных районов Ленинградской области. Основными видами деятельности являются прием и размещение твердых (бытовых, коммунальных, строительных и промышленных) отходов 3–5 классов опасности. Расстояние от границ полигона до ближайших населенных пунктов составляет: до г. Гатчины – 2 км на запад, до п. Новый Свет – 2,5 км на юг, до

дер. М. Замостье – 3,3 км на юг. Полигон организован в виде насыпи с крутыми бортами высотой 4 м. Складируемые отходы периодически переслаиваются песком и инертными промышленными отходами. Проектная мощность полигона составляет 1 160 тыс. м<sup>3</sup>, среднегодовое количество принимаемых отходов за весь срок эксплуатации – 500 тыс. т год<sup>-1</sup>, среднегодовое количество принимаемых отходов за последние 5 лет – 780 тыс. т год<sup>-1</sup>. Планируемый срок эксплуатации полигона – 20 лет. В районе территории полигона ТБО природные водные объекты отсутствуют (Корректировка проекта ..., 2016). Пробы ФВ были отобраны 5 сентября 2017 г. из сборника фильтрата для полигона в целом.

В пробах ФВ определялись: водородный показатель (рН), содержание органического вещества (потери при прокаливании), аммонийного (ПНД Ф 14.1:2:4.262-10), нитратного (ПНД Ф 14.1:2:4.4-95) и нитритного азота (ПНД Ф 14.1:2:4.3-95), фосфора (ЦВ 3.04.53-2004). Содержание Mg, ТМ (Li, Cd, Cr, Pb, Hg, Cu, Fe, Ba,

Sb) и As установлено атомно-абсорбционным методом (МИ-ЭАЛ.01-2011). Сухой и прокаленный остаток определялись согласно (ПНД Ф 14.1:2:4.261-10).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фильтрационные воды исследуемых полигонов ТКО представляют собой полуэлементный раствор, обогащенный органическим веществом, азотом, фосфором и тяжелыми металлами. Выявлены существенные различия в химическом составе ФВ на объектах размещения ТКО (возраст 16–17 лет), функционирующих в сходных климатических условиях.

**Объект 1.** Фильтрационные воды, отобранные на объекте 1 (Волосовский район Ленинградской области), характеризовались рН 8,3 (предельно допустимая величина для водоемов хозяйственно-питьевого назначения составляет 8,5 (ГН 2.1.5.1315-03)). Химический состав ФВ представлен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав фильтрата полигонов твердых коммунальных отходов Ленинградской области

№ п/п	Показатель	Содержание, мг дм <sup>-3</sup>		ПДК*
		объект 1	объект 2	
2	Аммоний-ион	>300 (930)	>300 (4500)	1,5 (по азоту)
3	Азот аммонийный	720	3500	2,0
4	Нитрат-ион	21	55	45
5	Нитрит-ион	0,075	11	3,3
6	Фосфор общий	4,2	20	0,2
7	Магний	1100	140	50
8	Сурьма	<0,005	<0,005	0,05
9	Ртуть	0,0006	0,002	0,0005
10	Мышьяк	0,0071	0,0084	0,05
11	Медь	0,052	0,26	1
12	Хром	0,2	2,4	0,3
13	Железо	11	60	0,3
14	Кадмий	0,015	0,097	0,001
15	Свинец	0,016	0,22	0,03
16	Литий	0,02	не опр.	0,03
17	Барий	0,004	не опр.	0,1
18	Сухой остаток	10 000	20000	1000 (1500)
19	Прокаленный остаток	7 500	11000	–
20	Органическое вещество	2500	9000	–

\* для водоемов хозяйственно-питьевого назначения 8,5 (ГН 2.1.5.1315-03)

Вклад органической компоненты ТКО в загрязнение тестируемых ФВ можно оценить по следующим критериям (табл. 1):

1) содержание органического вещества (ОВ) – 2 500 мг дм<sup>-3</sup>;

2) содержание аммонийного азота – в 360 раз превысило гигиенический норматив (ГН 2.1.5.1315-03).

Свалки (полигоны) ТБО можно рассматривать как антропогенные концентраторы азота и источник его длительного поступления в окружающую среду (Витковская, 2012). Содержание фосфора и магния в ФВ превысило гигиенический норматив ((ГН 1.5.1315-03) в 21 и 22 раза соответственно.

Высокое содержание биофильных элементов в ФВ и значительное содержание жидкой компоненты в теле полигонов позволяют рассматривать их как

существенные факторы риска эвтрофирования водоемов. По некоторым оценкам (Корректировка проекта..., 2016), количественное содержание жидкой компоненты (весовая влажность) в свалочных грунтах г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области ориентировочно составляет 50–55%.

В ФВ объекта 1 содержание Fe, Cd и Hg превысило гигиенический норматив для водоемов (ГН 2.1.5.1315-03) в 36, 15 и 1,2 раза соответственно.

**Объект 2.** Фильтрационные воды, отобранные на полигоне ТКО «Новый Свет-ЭКО» (объекте 2), характеризовались рН 8,1, что, согласно данным, представленным в (Рекомендации ..., 2003), характерно для метановой фазы биодеградациии ТКО (диапазон варьирования рН 7,5–9) (табл. 2). Однако содержание NH<sup>4+</sup> в ФВ объектов исследования

(табл. 1) в больше степени соответствует фазе ацетогенеза

(табл. 1, 2).

Таблица 2. Химический состав фильтрационных вод в зависимости от этапа биодеградации твердых коммунальных отходов (Рекомендации ..., 2003)

Показатель	Фаза ацетогенеза		Метановая фаза	
	среднее значение	диапазон концентраций	среднее значение	диапазон концентраций
pH	6,1	4,5–7,5	8,0	7,5–9
NH <sup>+</sup> 4 мг дм <sup>-3</sup>	750	30–3000	250	50–500
Mg <sup>2+</sup> мг дм <sup>-3</sup>	470	50–1150	180	40–350
Fe (об.), мг дм <sup>-3</sup>	120	20–1700	15	3–180

Содержание аммонийного азота в ФВ объекта 2 в 1750 раз превысило гигиенический норматив (ГН 2.1.5.1315-03) и в 4,9 раза – его содержание в ФВ объекта 1. Содержание аммонийного азота закономерно взаимосвязано с содержанием органического вещества, различие по данному показателю между ФВ объектов 2 и 1 – 3,6 раза (табл. 1). Сухой остаток в ФВ составил 10 и 20 г л<sup>-1</sup> для объектов 1 и 2 соответственно. Известно (Бабак, 1991; Грибанова, Зрянин, 1997), что минерализация фильтрата варьируется в широких пределах (от 1,5 до 63 г л<sup>-1</sup>).

Загрязнение ФВ ртутью (объект 2) свидетельствует о неэффективности действующей программы по сбору и утилизации ртутьсодержащих разрядных ламп. Известно (Шубников, 2014), что в люминесцентной лампе содержится от 20 до 300 мг ртути, в наиболее распространенных типах – от 60 до 120 мг. Общее количество всех видов ртутных ламп, производимых в России и экспортируемых в страну, оценивается в 25–35 млн. шт. год<sup>-1</sup> (до 0,5–0,6 т ртути), при этом ежегодно выходит из строя порядка 72 млн. ламп (более 4 т ртути) (Янин, 2005). В химических источниках тока (батарейках) содержание ртути достигает 300 мг, в батарейках для электронных часов счет идет на граммы (Игнатович, Рыбальский, 1998).

Содержание свинца в ФВ объекта 2 превысило гигиенический норматив в 7 раз. Известно (Игнатович, Рыбальский, 1998), что в таких опасных компонентах ТКО, как свинцовые аккумуляторы для автомобилей, в среднем содержится от 8,5 до 9,5 кг свинца. Содержание Sb, As, Li и Cu в фильтрационных водах тестируемых объектов было ниже норм, регламентируемых (ГН 2.1.5.1315-03) (табл. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что потенциальная опасность воздействия ФВ

Существенные различия наблюдались также по степени загрязнения ФВ исследуемых объектов тяжелыми металлами. Содержание Cd, Hg, Pb, Cu, Cr и Fe в ФВ полигона «Новый Свет-ЭКО» превысило их содержание в ФВ полигона «Профспецтранс» в 6,5; 33; 14; 5; 12 и 5,4 раза соответственно (табл. 1). Содержание Cd, Hg, Pb и Cr в ФВ полигона «Новый Свет-ЭКО» превысило гигиенический норматив для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения в 97, 4, 7 и 8 раз соответственно.

полигонов ТКО на водные объекты связана с чрезвычайно высоким содержанием аммонийного азота и повышенными концентрациями таких токсичных элементов, как Cd, Hg, Pb и Cr.

Опасность загрязнения фильтрационными водами почвенного покрова можно оценить, определив количество фильтрата, необходимого для загрязнения почвы выше ПДК. Для расчета использовались концентрации Cd, Hg, Pb и Cr в фильтрате объекта 2.

Из данных, представленных в табл. 3, видно, что на объекте 2 потенциально возможно загрязнение почвенного покрова кадмием. Превышение ПДКп ртути, свинца и хрома возможно только при длительном контакте фильтрата с почвой, например, в пределах фильтрационной канавы, а также при отсутствии сооружений для сбора и отведения ФВ (несанкционированные свалки). Доза ФВ 5,5 л кг<sup>-1</sup> соответствует 16 млн. 500 тыс. л га<sup>-1</sup>. Следует учитывать, что содержание ТМ в фильтрате может существенно превышать значения, представленные в табл. 1. Так, согласно (Рекомендации ..., 2003), максимальные уровни содержания Cd, Hg, Pb и Cr<sup>3+</sup> в фильтрационных водах полигонов ТКО могут достигать 0,95; 0,05; 1,0 и 1,6 мг л<sup>-1</sup>.

Таблица 3. Расчетное содержание тяжелых металлов в почве (без учета фона) при внесении различных \* СП 11-102-97 доз фильтрационных вод, мг кг<sup>-1</sup>

Содержание в ФВ, мг л <sup>-1</sup>	Доза фильтрата, л кг <sup>-1</sup>			ПДК в почве, мг кг <sup>-1</sup>	Фоновое содержание (вал), мг кг <sup>-1</sup> *
	1,0	2,5	5,5		
Кадмий					
0,097	0,097	0,24	0,53	0,5	0,12
Ртуть					
0,002	0,002	0,005	0,011	2,1	0,1
Свинец					
0,22	0,22	0,55	1,21	32	15
Хром					
2,4	2,4	6,0	13,2	–	140

## ВЫВОДЫ

1. Фильтрационные воды полигонов ТКО, представляющие собой полуэлементный раствор, обогащенный органическим веществом, азотом, фосфором и тяжелыми металлами, являются потенциальным источником загрязнения контактирующих с ними сред. Выявлены существенные различия в химическом составе ФВ на объектах размещения ТКО (возраст 16–17 лет), функционирующих в сходных климатических условиях. Степень загрязнения была выше на объекте с большей проектной мощностью (полигон «Новый-Свет-ЭКО»).

2. Потенциальная опасность воздействия ФВ на грунтовые и поверхностные воды связана с чрезвычайно высоким содержанием аммонийного азота и повышенными концентрациями таких токсичных элементов, как Cd, Hg, Pb и Cr. Превышение гигиенического норматива содержания аммонийного азота в ФВ тестируемых полигонов достигало 360–1750 раз. По содержанию органического вещества и аммонийного азота можно оценить вклад органической компоненты ТКО в загрязнение ФВ.

3. Расчетным методом установлено, что загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами (превышение ПДКп) возможно только при длительном контакте фильтрационных вод с почвой, например в пределах фильтрационной канавы, а также при отсутствии сооружений для сбора и отведения ФВ (несанкционированные свалки).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабак В. В. Геоэкология полигонов твердых бытовых отходов Московского региона. Автореф. дисс. канд. геолого-минерал. наук. М.: МГУ, 1991. 19 с.
- Витковская С. Е. Агроэкологические основы использования биотермически переработанных твердых бытовых отходов для повышения плодородия кислых почв. Дисс. доктора биол. наук. СПб., 2006. 249 с.
- Витковская С. Е. Твердые бытовые отходы: антропогенное звено биологического круговорота. СПб.: АФИ, 2012. 132 с.
- Водяницкий Ю. Н., Яковлев А. С. Загрязнение почв и почвенно-грунтовых вод новыми органическими микрополлютантами (обзор) // Почвоведение. 2016. № 5. С. 609–619.
- ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М., 2003. 74 с.
- Грибанова Л. П., Портнова Т. Г. Контроль подземных и поверхностных вод в районах полигонов твердых бытовых отходов Московского региона // Экологический вестник Подмосквья. 1993. Вып. 4. С. 27–29.
- Игнатович Н. И., Рыбальский Н. Г. Что нужно знать о твердых бытовых отходах? // Экологический вестник России. 1998. № 1. С. 53–60.
- Корректировка проекта «Полигон твердых бытовых и строительных отходов в д. М. Замостье Гатчинского района Ленинградской области». Раздел 8. Перечень мероприятий по охране окружающей среды. Часть 1. Пояснительная записка. Том 6.1. СПб.: ООО Космос, 2016. 98 с.
- Левинский Ю. В., Поддубский В. И., Подушко Ю. Н., Иванова Л. П. Проблемы переработки твердых бытовых отходов на Крайнем Севере. М.: ИРЦ Газпром, 1997. 53 с.
- МИ-ЭАЛ.01-2011. Методика измерений массовой концентрации металлов (алюминия, железа, кадмия, калия, кальция, кобальта, магния, марганца, меди, молибдена, натрия, никеля, олова, ртути, свинца, сурьмы, хрома, цинка), а также мышьяка и селена в питьевой, природной и сточной водах атомно-абсорбционным и атомно-эмиссионным методами. М., 2011.
- Новаковский Б. А., Сыроватская М. В., Тульская Н. И. Геоэкологический анализ влияния Новосыровского полигона ТБО на окружающую среду // Экология и промышленность России. 1998. С. 18–22.
- ПНД Ф 14.1:2:4.262-10. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в питьевых, поверхностных (в том числе морских) и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. М., 2010. 26 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.261-10. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сухого и прокаленного остатков в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом. М., 2015. 15 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.4-95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой. М., 2011. 18 с.
- ПНД Ф 14.1:2:4.3-95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса. М., 1995 (издание 2011). 22 с.
- Полигон ТБО ООО «Новый Свет-ЭКО». Официальный сайт: <http://www.ns-eco.ru/0,1/tipovoj-dogovor>. 2018.
- Рекомендации по сбору, очистке и отведению сточных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов (разработаны в соответствии с нормативными материалами по охране окружающей среды). М., 2003. 49 с.

- Скворцов Л.С., Варшавский В.Я., Камруков А.С., Селиверстов А.Ф. Очистка фильтрата полигонов твердых бытовых отходов // Чистый город. 1998. № 2. С. 2–7.
- СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Принят и введен в действие с 15 августа 1997 г. М.: Госстрой России, ГУП СПб, 1997. 42 с.
- Степаненко Е. Е., Поспелова О. А., Зеленская Т. Г. Исследование химического состава фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 11. 2009. № 1(3). С. 525–327.
- Шубников В.Л. Информационная справка о существующей практике обращения энергосберегающих люминесцентных ртутьсодержащих ламп в Московском регионе и предложения по ее совершенствованию. М., 2014. [http://ecologcontrol.ru/wp-content/uploads/2014/08/inf\\_spravka\\_o\\_rtutnyh\\_lampah\\_27\\_04\\_11.pdf](http://ecologcontrol.ru/wp-content/uploads/2014/08/inf_spravka_o_rtutnyh_lampah_27_04_11.pdf)
- ЦВ 3.04.53-2004. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего фосфора и фосфора фосфатов в пробах питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом. СПб., 2005. 14 с.
- Янин Е. П. Ртутные лампы как источник загрязнения окружающей среды. М.: ИМГРЭ, 2005. 28 с.
- Qasim S.R., Chiang W. 1994. Sanitary Landfill Leachate. Generation, Control and Treatment. CRC Press, 1994. 323 p.

## REFERENCES

- Babak V. V. *Geoekologiya polygonov tverdyh bytovyh othodov Moskovskogo regiona*. Avtoref. diss. kand. geologo-mineral. nauk [Geoecology of municipal solid waste landfills in Moscow region. Abstract diss. cand. geologo-mineral. Sci.]. Moscow: Publishing house Moscow State Universit, 1991. 19 p.
- Vitkovskaya S.E. *Agroekologicheskie osnovy ispol'zovaniya biotermicheski pererabo-tannyh tverdyh bytovyh othodov dlya povysheniya plodorodiya kisl'nyh pochv*. Diss. dokt. biol. nauk [Agroecological foundations of the use of biotermically recycled municipal solid waste for the increase of a sour soil. Diss. doct. boil. sci.]. Saint-Petersburg, 2006. 249 p.
- Vitkovskaya S. E. *Tverdye bytovye othody: antropogennoe zveno biologicheskogo kruga-vorota* [Municipal solid waste: an anthropogenic link of the biological cycle]. Saint-Petersburg, ARI, 2012. 132 p.
- Vodyanickij Yu. N., Yakovlev A. S. *Zagryaznenie pochv i pochvenno-gruntovyh vod novymi organicheskimi mikropollutantami (obzor)* [A pollution of soil and groundwater with new organic micropollutants (review)] // *Pochvovedenie*, 2016, no. 5, pp. 609–619.
- GN 2.1.5.1315-03. *Gigienicheskie normativy. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshchestv v vode vodnyh ob'ektov hozyajstvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya* [Hygienic normatives. The threshold limit value (TLV) of chemical matters in the water of Water bodies of drinking and cultural and domestic water management]. Moscow, 2003. 74 p.
- Gribanova L.P., Portnova T.G. *Kontrol' podzemnyh i poverhnostnyh vod v rajonah polygonov tverdyh bytovyh othodov Moskovskogo regiona* [Control of groundwater and surface water in areas of landfills for municipal solid waste in the Moscow region] // *EHkologicheskij vestnik Podmoskov'ya*, 1993, issue 4, pp. 27–29.
- Ignatovich N. I., Rybal'skij N. G. *CHto nuzhno znat' o tverdyh bytovyh othodah?* [What do you need to know about municipal solid waste?] // *EHkologicheskij vestnik Rossii*, 1998, no. 1, pp. 53–60.
- Korrektirovka proekta "Polygon tverdyh bytovyh i stroitel'nyh othodov v d. M. Zamost'e Gatchinskogo rajona Leningradskoj oblasti". Razdel 8. Perechen' meropriyatij po ohrane okruzhayushchej sredy. Chast' 1. Poyasnitel'naya zapiska. Tom 6.1* [An adjustment of the project “The solid and construction waste landfill in the M. Zamost'e village of the Gatchina District of the Leningrad Region”. Article 8. List of environmental protection measures. Part 1. Explanatory note. Volume 6.1]. Saint-Petersburg: OOO Kosmos, 2016. 98 p.
- Levinskij Yu. V., Poddubskij V. I., Podushko Yu. N., Ivanova L. P. *Problemy pererabotki tverdyh bytovyh othodov na Krajnem Severe* [Problems of a solid waste recycling in the Far North]. Moscow: IRC Gazprom, 1997. 53 p.
- MI-EHAL.01-2011. Metodika izmerenij massovoj koncentracii metallov (alyuminiya, zheleza, kadmiya, kaliya, kal'ciya, kobal'ta, magniya, marganca, medi, molibdena, na-triya, nikelya, olova, rtuti, svinca, sur'my, hroma, cinka), a takzhe mysh'yaka i se-lena v pit'evoj, prirodnoj i stochnoj vodah atomno-absorbicionnym i atomno-ehmissionnym metodami* [Methods of measuring the mass concentration of metals (aluminum, iron, cadmium, potassium, calcium, cobalt, magnesium, manganese, copper, molybdenum, sodium, nickel, tin, mercury, lead, antimony, chromium, zinc), as well as arsenic and selenium in drinking, natural and waste water by atomic-absorption and atomic emission methods]. Moscow, 2011.
- Novakovskij B. A., Syrovatskaya M. V., Tul'skaya N. I. *Geoekologicheskij analiz vliyaniya Novosyrovskogo polygona TBO na okruzhayushchuyu sredu* [Geoecological analysis of the impact of Novosyrovsky landfill on the environment] // *Ehkologiya i promyshlen-nost' Rossii*, 1998, pp. 18–22.
- PND F 14.1:2:4.262-10. Kolichestvennyj himicheskij analiz vod. Metodika izmerenij massovoj koncentracii ionov ammoniya v pit'evykh, poverhnostnyh (v tom chisle morskih) i stochnykh vodah fotometricheskim metodom s reaktivom Nesslera* [ER F 14.1:2:4.262-10 The quantitative chemical analysis of water. Methods of measuring the mass concentration of ammonium ions in drinking, surface (including sea) and waste water by photometric method with Nessler's reagent]. Moscow, 2010. 26 p.

- PND F 14.1:2:4.261-10. *Kolichestvennyj himicheskij analiz vod. Metodika vy-polneniya izmerenij massovoj koncentracii suhogo i prokalennogo ostatkov v probah pit'evyh, prirodnyh i stochnyh vod gravimetricheskim metodom* [ER F 14.1:2:4.261-10 The quantitative chemical analysis of water. Methods for measuring the mass concentration of dry and calcined residues in drinking, natural and waste water samples by the gravimetric method]. Moscow, 2015. 15 p.
- PND F 14.1:2:4.4-95. *Kolichestvennyj himicheskij analiz vod. Metodika izmerenij massovoj koncentracii nitrat-ionov v pit'evyh, poverhnostnyh i stochnyh vo-dah fotometricheskim metodom s salicilovoj kislotoj* [ER F 14.1:2:4.4-95 The quantitative chemical analysis of water. Methods for measuring the mass concentration of nitrate ions in drinking, natural and waste water samples by the method with salicylic acid]. Moscow, 2011. 18 p.
- PND F 14.1:2:4.3-95. *Kolichestvennyj himicheskij analiz vod. Metodika izmerenij massovoj koncentracii nitrit-ionov v pit'evyh, poverhnostnyh i stochnyh vo-dah fotometricheskim metodom s reaktivom Grissa* [ER F 14.1:2:4.3-95 The quantitative chemical analysis of water. Methods for measuring the mass concentration of nitrite ions in drinking, natural and waste water samples by the Griess reagent method]. Moscow, 1995 (izdanie 2011). 22 p.
- Poligon TBO OOO «Novyj Svet-EHKO» [The solid waste landfill OOO «Novyy Svet-EKO»]. <http://www.ns-eco.ru/0,1/tipovoj-dogovor>. 2018.
- Рекомендации по сбору, очистке и отведению сточных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов разработаны в соответствии с нормативными материалами по охране окружающей среды [Recommendations for the collection, treatment and disposal of waste water of landfills for solid waste burial are developed in accordance with the regulatory materials on environmental protection]. Moscow, 2003. 49 p.
- Skvorcov L. S., Varshavskij V. Ya., Kamrukov A. S., Seliverstov A. F. Oчистка fil't-rata полигонов твердых бытовых отходов [Purification of municipal solid waste landfills filtrate] // *CHistyj gorod*, 1998, no. 2, pp. 2–7.
- SP 11-102-97. *Inženerno-ehkologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva* [Environmental engineering surveys for construction]. Prinyat i vveden v dejstvie s 15 avgusta 1997 g. Moscow: Gosstroj Rossii, GUP SPP, 1997. 42 p.
- Stepanenko E. E., Pospelova O. A., Zelenskaya T. G. Issledovanie himicheskogo sostava fil'tracionnyh vod полигона твердых бытовых отходов [The study of the chemical composition of the solid waste landfill regenerated flow] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2009, v. 11, no. 1(3), pp. 525–327.
- Shubnikov V.L. *Informacionnaya spravka o sushchestvuyushchej praktike obrashcheniya ehner-gosberegayushchih lyuminescentnyh rtut'soderzhashchih lamp v Moskovskom regione i predlozheniya po ee sovershenstvovaniyu* [The briefing note of the current practice of handling energy-saving fluorescent mercury-containing lamps in the Moscow region and proposals for its improvement]. Moscow, 2014. [http://ecologcontrol.ru/wp-content/uploads/2014/08/inf\\_spravka\\_o\\_rtutnyh\\_lampah\\_27\\_04\\_11.pdf](http://ecologcontrol.ru/wp-content/uploads/2014/08/inf_spravka_o_rtutnyh_lampah_27_04_11.pdf).
- CV 3.04.53-2004. *Metodika vypolneniya izmerenij massovoj koncentracii obshchego fosfora i fosfora fosfatov v probah pit'evyh, prirodnyh i stochnyh vod fo-tometricheskim metodom* [Methods for measuring the mass concentration of total phosphorus and phosphorus phosphates in drinking, natural and waste water samples by the photometric method]. Saint-Petersburg, 2005. 14 p.
- Yanin E. P. *Rtutnye lampy kak istochnik zagryazneniya okruzhayushchej sredy* [Mercury lamps as a source of environmental pollution]. Moscow, IMGREH, 2005. 28 p.
- Qasim S. R., Chiang W. *Sanitary Landfill Leachate. Generation, Control and Treatment*. CRC Press, 1994. 323 p.

УДК 552.52: 631.823: 631.415.12

DOI: 10.25695/AGRPH.2019.01.02

## ВЛИЯНИЕ БЕНТОНитОВОЙ ГЛИНЫ НА СВОЙСТВА КИСЛОТНО-ОСНОВНОЙ БУФЕРНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Козлов<sup>1</sup>, А. Х. Куликова<sup>2</sup>, И. П. Уромова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 1;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»  
432017, г. Ульяновск, б-р Новый Венец, 1  
E-mail: a\_v\_kozlov@mail.ru

Поступила в редакцию 10 сентября 2018 г., принята к печати 26 февраля 2019 г.

В трехлетнем микрополевым эксперименте изучено влияние бентонитовой глины на показатели кислотно-основной буферности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы. Проведены лабораторные исследования по изучению буферных характеристик исходной породы. Установлено, что бентонит отличается высоким содержанием

обменных соединений  $\text{Ca}^{++}$  и  $\text{Mg}^{++}$  и проявляет буферные свойства против подщелачивания ( $S_B 7,87 \text{ см}^2$ ) и — в большей степени — против подкисления ( $S_B 20,74 \text{ см}^2$ ). Степень его естественной буферной емкости является высокой и также выражена в кислотном интервале ( $E_B 79\%$ ), а индекс  $[\text{H}^+]/[\text{OH}^-]$ -равновесия сильно смещен в щелочную сторону (2,63). Данные характеристики объясняют полученные закономерности влияния бентонитовой глины на свойства буферности почвы. Интенсивность ее основной буферности сильно возрастает в результате внесения материала в зависимости от его дозы, что приводит к увеличению площади буферности к кислоте почти в два раза. Максимальный