

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТОКСИКАЦИИ ГРУНТА ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ СОРБЕНТОМ "АГРОИОНИТ"

Л.В. Кирейчева, А.В. Титов

**Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А.Н. Костякова,
ООО АКБ "Проектор", г. Чебоксары**

Предложена технология разделения депонированных отходов на полигонах твердых коммунальных отходов путем их сепарации на твердые отходы и грунтовую массу, которая санируется с применением природного сорбента "Агроионит". Установлено, что внесение в загрязненную грунтовую массу сорбента "Агроионит" в объеме 16 % в пересчете на абсолютно-сухое вещество позволяет снизить содержание подвижных форм тяжелых металлов до ПДК. Для снижения объема сорбента до 12 % требуется предварительная обработка грунтовой массы известью в объеме 0,4 % для детоксикации цинка, который плохо сорбируется Агроионитом. Это позволило внести соответствующие изменения в разработанную технологию, включающие регулирование температурного и влажностного режимов.

Ключевые слова: полигоны коммунальных отходов, сепарация, грунтовый отсев, сорбция, сорбент "Агроионит", тяжелые металлы, доза сорбента

The Study of Soil Detoxification of the Municipal Landfill of Solid Waste Using Sorbent "Agroionit"

L.V. Kireycheva, A.V. Titov

**All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov,
127550 Moscow, Russia,
ООО "NPO "Proektor", 428012 Cheboksary, Russia**

The technology on separation of the solid wastes at the municipal waste landfills obtaining solid waste and soil, which is sanitized with the use of natural sorbent "Agroionit" is suggested. It showed that sorbent "Agrionite" application in the amount of 16 % in absolutely dry matter could reduce the content of mobile forms of heavy metals up to MPC. To reduce the amount of sorbent up to 12 % pre-treatment of soil with lime in the amount of 0,4 % for the detoxification of zinc, which is slowly absorbed by Agrionite is required. Appropriate changes to the developed technology have been added, including the regulation of temperature and humidity of soil.

Key words: landfill of municipal waste, separation, sorption, sorbent "Agroionit", heavy metals, dose of sorbent application

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-03-26-30

Н а сегодняшний день в России основным направлением обращения с коммунальными отходами является их захоронение на полигонах твердых коммунальных отходов (ТКО). Такие современные методы обращения с отходами, как вторичное использование, мусоросжигание, крекинг и даже компостирование, к сожалению, охватывают лишь небольшой процент коммунальных отходов, особенно в малых городах [1, 2]. Площади, занятые полигонами, постоянно растут, что требует проведения незамедли-

тельных мер по поиску путей снижения нагрузки на природную среду и продления сроков эксплуатации длительно действующих полигонов с приведением их в соответствие с санитарными и экологическими нормами [3, 4].

Для продления срока службы полигонов ТКО предложена комплексная технология реконструкции полигона для его дальнейшей эксплуатации, включающая разделение депонированных отходов путем их сепарации на неперегнившие отходы, которые направляются

на мусоросортировочную станцию с целью извлечения утильных фракций, и грунтовый отсев. Освобожденный от депонированных отходов участок полигона и грунтовый отсев подвергаются санации путем внесения природных и/или искусственных сорбентов [5, 6]. В дальнейшем очищенный участок полигона ТКО используется для захоронения новых отходов (в полном соответствии с нормативными требованиями), а санированный грунтовый отсев — в качестве изолирующего слоя на том же полигоне.

Комплексная технология реконструкции полигона выполняется следующим образом. В существующих границах полигона обустроивается небольшой (около 1 га) участок нового полигона с полной гидроизоляцией. Депонированные отходы из тела полигона поступают на участок сепарации, где на грохоте разделяются на надрешетные отходы и подрешетный отсев. Из надрешетных отходов на мусоросортировочной станции извлекаются вторичные материальные ресурсы: картон, макулатура, полиэтилен, термопластик, древесные отходы, стекло, алюминий, цветные и черные металлы, текстиль, ветошь. Подрешетный отсев представляет собой грунтовую массу, которая подвергается санации и может быть использована на полигоне в качестве материала для перекрытия вновь поступающих отходов. Предложенная технология позволяет вовлечь в хозяйственный оборот вторичные материальные ресурсы, полученные при сортировке вновь поступающих и ранее депонированных отходов, привести существующие полигоны в соответствие с санитарным и экологическим законодательством и продлить срок эксплуатации большинства полигонов ТКО примерно в два раза без дополнительного отвода земель.

Важная роль отводится санации грунта и грунтового отсева. Санация подрешетного отсева перед его использованием в качестве изолирующего слоя на полигоне необходима в целях исполнения нормативных требований [2], а также в целях охраны здоровья работающих на полигоне сотрудников.

Материалы и методы исследования

В качестве сорбента для санации грунта и отсева был выбран природный сорбент "Агроионит", который разработан ООО Технопарк на основе глауконитовых песков и выпускается по ТУ 2164-006-03029859-2009 "АГРОИОНИТ — неорганический сорбент для рекультивации почв и поглотитель солей тяжелых металлов". Он представляет собой природный ми-

неральный комплекс алюмосиликатов группы глауконитов и глинистых минералов группы монтмориллонитов. Сорбент имеет слоистую структуру и обладает большой удельной поверхностью, что обеспечивает повышенную сорбционную емкость. Отличительная его особенность состоит в том, что сорбированные на нем поллютанты прочно закрепляются и в дальнейшем не поступают в окружающую среду, что обеспечивает выполнение экологических требований. На основании ранее проведенных исследований было установлено, что данный минеральный комплекс обладает не только сорбционными, но и ионообменными и буферными свойствами, что повышает эффективность его действия в промышленных масштабах. Способность сорбента извлекать тяжелые металлы из шламов и почв составляет, % исходного содержания: 99 Pb²⁺; 64 Hg²⁺; 97 Co²⁺; 96 Cu²⁺; 96 Cd²⁺; 95 Mn²⁺; 92 Cr²⁺; 90 Ni²⁺; 90 Zn²⁺; 99 Fe²⁺.

Для оценки сорбционной активности и определения необходимой дозы внесения сорбента был проведен ряд лабораторных экспериментов. В ходе исследований использовались навески подрешетного отсева массой 3 кг при естественной влажности 52 %. Доза внесения сорбента "Агроионит" рассчитывалась на абсолютно сухое вещество подрешетного отсева. В эксперименте были использованы следующие дозы внесения сорбента (в пересчете на абсо-



Рис. 1. Отбор подрешетного отсева на санкционированной свалке ТКО с. Ильбешки Чувашской Республики

Fig. 1. Selection of sublattice screenings at the authorized landfill of the SWM in village Il'beshi of Chuvash Republic

лютно сухое вещество), %: 4; 8; 12; 16. Опыты проводились в 3-х кратной повторности. Время контакта составило 10 ч. Пробоподготовка и анализы проводились в аккредитованной лаборатории по утвержденным методикам.

Результаты и обсуждение

В качестве материала был использован подрешетный грунт (отсев), отобранный из тела полигона ТКО с. Ильбешки Чувашской Республики РФ и многократно просеянный через решетку с ячейками размером 3 см (рис. 1). Подрешетный отсев — это мелкие, по большей части перегнившие фракции отходов,

Таблица 1. Концентрация тяжелых металлов в подрешетном отсеве, мг/кг
Table 1. Concentration of heavy metals in the sublattice screenings, mg/kg

Показатель	Свинец	Никель	Медь	Цинк	Мышьяк	Ртуть	Кадмий
	вал./подв.				вал.		
Концентрация в пробе:							
1	79,82/27,14	41,03/5,72	275,32/12,94	190,12/63,17	2,30	0,0614	<0,25
2	84,34/29,52	41,53/5,80	277,17/13,54	186,25/62,80	1,82	0,0595	<0,25
3	96,36/32,28	44,27/6,17	281,10/14,06	187,60/62,87	2,38	0,0600	<0,25
средняя	86,84/29,65	42,28/5,90	277,86/13,51	187,99/62,95	2,17	0,0603	<0,25
ПДК в почве	32,0/6,0	80,0/4,0	132,0/3,0	220,0/23,0	2,0	2,1	1,0
Коэффициент концентрации	2,71/4,94	0,53/1,48	2,11/4,50	0,85/2,74	1,09	0,03	0

Примечание. В числителе – валовая форма металла, в знаменателе – подвижная. Мышьяк, ртуть и кадмий имеют ПДК только на валовую форму, поэтому только она и определялась. Коэффициент концентрации определялся как отношение фактического содержания к ПДК.

Таблица 2. Концентрация тяжелых металлов в подрешетном отсеке после обработки различной дозой сорбента "Агроионит"

Table 2. Concentration of heavy metals in the sublattice screenings after treatment with various doses of sorbent "Agroionit", mg/kg

Показатель	Свинец	Никель	Медь	Цинк	Мышьяк	Ртуть	Кадмий
Контроль							
Концентрация в пробе:							
1	29,65	5,90	13,51	62,99	2,15	0,0610	<0,25
2	30,02	6,01	13,42	62,19	2,22	0,0611	<0,25
3	29,95	5,96	13,39	62,56	2,20	0,0587	<0,25
средняя	29,87	5,96	13,44	62,58	2,19	0,0603	<0,25
Доза 4 %							
1	16,08	4,19	7,82	53,53	0,73	0,0452	<0,25
2	15,82	4,06	7,45	53,78	0,52	0,0412	<0,25
3	15,97	3,88	7,47	51,22	0,70	0,0489	<0,25
средняя	15,96	4,04	7,58	52,84	0,65	0,0451	<0,25
Доза 8 %							
1	3,13	3,61	3,57	47,20	0,43	0,0389	<0,25
2	3,19	3,58	3,42	45,78	0,41	0,0394	<0,25
3	2,87	3,49	3,39	47,09	0,35	0,0362	<0,25
средняя	3,06	3,56	3,46	46,69	0,40	0,0382	<0,25
Доза 12 %							
1	0,47	1,22	1,25	28,75	0,39	0,0310	<0,25
2	0,43	1,29	1,33	29,06	0,32	0,0296	<0,25
3	0,49	1,40	1,09	27,84	0,47	0,0290	<0,25
средняя	0,46	1,30	1,21	28,55	0,39	0,0299	<0,25
Доза 16 %							
1	0,28	0,64	0,51	22,06	0,26	0,0214	<0,25
2	0,30	0,71	0,62	23,10	0,41	0,0209	<0,25
3	0,27	0,69	0,59	22,41	0,21	0,0236	<0,25
средняя	0,28	0,68	0,57	22,52	0,29	0,0220	<0,25
ПДК в почве	6,00	4,00	3,00	23,00	2,00	2,10	1,00

которые проходят через ячейки грохота.

В подрешетном отсеке исследовалось содержание следующих металлов: свинец, никель, медь, цинк, мышьяк, ртуть, кадмий, что обусловлено требованиями

СП 11-102-97 [6]. В табл. 1 приведены данные об исходном содержании тяжелых металлов в подрешетном отсеке в валовой и подвижной формах.

Наибольшее превышение ПДК выявлено по свинцу и ме-

ди, наименьшее — по никелю. Валовая форма мышьяка в двух пробах из трех также превышает значение ПДК. Содержание ртути значительно ниже ПДК, а содержание кадмия — ниже предела чувствительности методики и ПДК, рН водной вытяжки подрешетного отсева находился в пределах 5,51–5,74.

Для свинца, никеля, меди и цинка исследовали подвижную форму, так как именно она оказывает непосредственное токсичное влияние, для мышьяка, ртути и кадмия исследовали валовую форму в связи с отсутствием ПДК на подвижную форму. Полученные результаты представлены в табл. 2.

В результате проведенных экспериментов было обнаружено, что для снижения свинца и никеля до уровня ПДК достаточно дозы сорбента "Агроионит" в количестве 8 % к объему воздушно-сухого подрешетного отсева. Концентрация меди снижается до ПДК при добавлении 12 % сорбента, мышьяка — при добавлении 4 %. Концентрация ртути и кадмия в подрешетном отсеке изначально была ниже ПДК. Наиболее сложно происходит сорбция цинка. При относительно невысокой изначальной концентрации (2,74 ПДК), цинк плохо сорбируется "Агроионитом" и только при добавлении 16 % сорбента от воздушно-сухой массы почвы его концентрация снижается до значений ПДК в почве.

Для улучшения сорбции цинка был проведен дополнительный эксперимент в слабощелочной среде. Для корректировки рН была использована известь-пушонка, масса внесения которой была определена путем подбора и составила 12 г на 3 кг подрешетного отсева. В ходе повторного эксперимента было выяснено, что доза сорбента 12 % в присутствии извести снижает концентрацию цинка до ПДК.

Немалую роль в процессе сорбции при всех прочих равных условиях играет время контакта сорбента с загрязненным грунтом (отсевом), поэтому была проведена вторая серия экспериментов по определению оптимального времени контак-

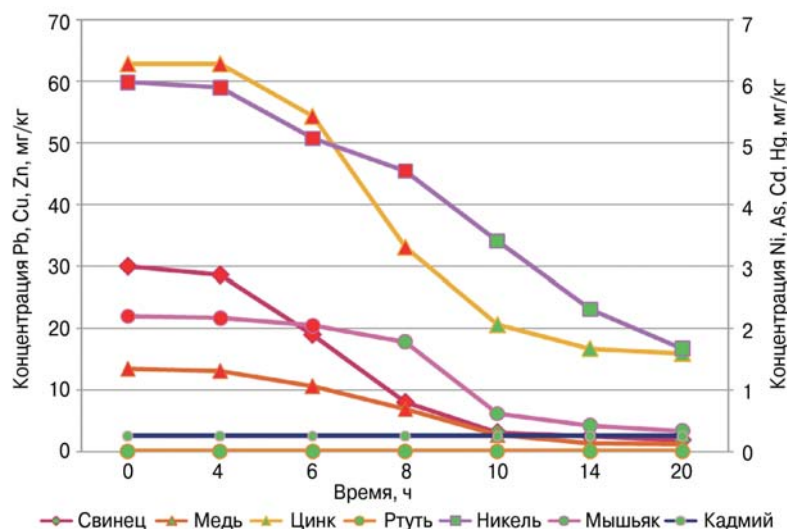


Рис. 2. Зависимость концентрации тяжелых металлов из подрешетного отсева от времени контакта (красные маркеры – выше ПДК, зеленые – ниже ПДК)

Fig. 2. The dependence of the concentration of heavy metals from the sublattice screenings on the contact time (red markers – above the MAC, green ones – below the MAC)

та, позволяющего наиболее полно проявиться поглощающим свойствам сорбента "Агроионит". По схеме эксперимента были выбраны следующие варианты: контроль (без сорбента) и время контакта 4, 6, 8, 10, 14 и 20 ч (рис. 2). Из графика видно, что содержание ртути и кадмия изначально было ниже ПДК. Концентрация мышьяка снизилась до ПДК за 8 ч контакта с сорбентом, концентрация остальных 4-х металлов — за 10 ч контакта.

Следовательно, в дальнейших экспериментах можно использовать время контакта 10 ч.

В третьей серии экспериментов исследовали влияние температуры на процесс сорбции тяжелых металлов. Выяснение этого вопроса важно с точки зрения проведения работ по рекультивации на объекте. Из литературных данных известно, что сорбенты на основе глауконитовых песков работают при любых плюсовых температурах, однако исследований с применением "Агроионита" не проводилось. Опыты проводили при температуре -4°C (в морозильной камере), $+6^{\circ}\text{C}$, $+21^{\circ}\text{C}$ (в помещении лаборатории) и $+35^{\circ}\text{C}$ (при подогреве). В качестве контроля — без сорбента. Дозы извести и сорбента выбраны в соответствии с ранее проведенными опытами, время контакта — 10 ч. Полученные результаты приведены в табл. 3.

Результаты эксперимента показали, что при температурах $+6^{\circ}\text{C}$ и $+21^{\circ}\text{C}$ сорбция всех металлов происходит до ПДК. При температуре -4°C процесс сорбции практически останавливается, что можно объяснить тем, что вода в подрешетном грунте при отрицательных температурах кристаллизуется, а "Агроионит", как и большинство природных сорбентов, должен набухать в почвенной влаге.

Было обнаружено, что при температуре $+35^{\circ}\text{C}$ процесс сорбции также не происходил, концентрации по всем металлам недостоверно ниже, чем в контроле без сорбента. Было сделано предположение, что причиной полученного отрицательного результата явилось испарение воды из подрешетного грунта при по-

Таблица 3. Концентрация тяжелых металлов при разных температурах, мг/кг

Table 3. Concentration of heavy metals at different temperatures, mg/kg

Показатель	Свинец	Никель	Медь	Цинк	Мышьяк	Ртуть	Кадмий
Контроль							
Концентрация в пробе:							
1	30,17	6,14	13,49	62,98	2,01	0,0678	<0,25
2	29,81	6,03	13,62	63,15	2,23	0,0666	<0,25
3	29,69	5,86	13,57	63,21	2,18	0,0587	<0,25
средняя	29,89	6,01	13,56	63,11	2,14	0,0644	<0,25
-4°C							
1	29,91	6,07	13,22	62,88	2,14	0,0618	<0,25
2	30,12	6,03	13,57	63,05	2,07	0,0597	<0,25
3	30,08	5,97	13,43	63,17	2,13	0,0644	<0,25
средняя	30,04	6,02	13,41	63,03	2,11	0,0620	<0,25
$+6^{\circ}\text{C}$							
1	3,95	4,05	2,87	21,85	1,42	0,0557	<0,25
2	3,89	3,84	2,62	22,06	1,30	0,5366	<0,25
3	4,16	3,96	2,88	22,16	1,69	0,0611	<0,25
средняя	4,00	3,95	2,75	22,02	1,47	0,2178	<0,25
$+21^{\circ}\text{C}$							
1	3,45	3,50	2,69	20,64	0,52	0,0377	<0,25
2	3,20	3,63	2,53	20,83	0,87	0,0349	<0,25
3	2,98	3,41	2,81	19,76	0,64	0,0338	<0,25
средняя	3,21	3,51	2,67	20,41	0,68	0,0355	<0,25
$+35^{\circ}\text{C}$							
1	25,76	6,12	13,41	63,22	2,18	0,0632	<0,25
2	25,92	6,07	13,35	63,15	2,11	0,0620	<0,25
3	26,15	6,10	13,40	63,19	2,24	0,0647	<0,25
средняя	25,94	6,10	13,39	63,19	2,18	0,0633	<0,25
ПДК, мг/кг	6,00	4,00	3,00	23,00	2,00	2,10	1,00

вышенной температуре: опытные образцы высохли и сорбция прекратилась. Аналогичный процесс может происходить в летнюю жару и на полигонах. Следовательно, чтобы препятство-

вать испарению воды, необходимо плотно укрывать пробы полиэтиленом или дополнительно увлажнять. Для выяснения причин был проведен дополнительный эксперимент: сравнили

Таблица 4. Концентрация тяжелых металлов из подрешетного отсева при температуре 35°C с укрытием и без него, мг/кг

Table 4. Concentration of heavy metals from the sublattice screenings at temperature 35°C with or without shelter, mg/kg

Показатель	Свинец	Никель	Медь	Цинк	Мышьяк	Ртуть	Кадмий
Контроль							
Концентрация в пробе:							
1	31,02	6,05	13,38	63,14	2,08	0,0665	<0,25
2	30,75	6,11	13,59	63,02	2,19	0,0673	<0,25
3	29,98	5,88	13,81	62,86	2,15	0,0614	<0,25
средняя	30,58	6,01	13,59	63,01	2,14	0,0651	<0,25
$+35^{\circ}\text{C}$ (без укрытия)							
1	29,72	6,14	13,29	63,05	2,07	0,0655	<0,25
2	29,89	6,10	13,28	63,18	2,16	0,0631	<0,25
3	30,10	5,91	13,47	62,89	2,14	0,0639	<0,25
средняя	29,90	6,05	13,35	63,04	2,12	0,0642	<0,25
$+35^{\circ}\text{C}$ (с укрытием)							
1	3,19	3,25	2,57	21,87	0,45	0,0365	<0,25
2	3,02	3,46	2,77	22,12	0,68	0,0370	<0,25
3	2,95	3,43	2,86	19,95	0,53	0,0329	<0,25
средняя	3,05	3,38	2,82	21,31	0,55	0,0355	<0,25
ПДК, мг/кг	6,00	4,00	3,00	23,00	2,00	2,10	1,00

контрольный образец без сорбента и образцы с сорбентом при температуре 35 °С без укрытия и с укрытием полиэтиленовой пленкой (табл. 4).

Результаты эксперимента показали, что укрытие пленкой способствует сохранению достаточной влажности, и процесс сорбции продолжается при температуре 35 °С. Концентрация пяти тяжелых металлов снизилась до ПДК.

По итогам проведенных экспериментов и полученных результатов были внесены некоторые изменения в вышеизложенную технологию санации подрешетного отсева на полигонах. В летнюю жару при температуре выше 30 °С подрешетный отсев на участке санации рекомендуется плотно укрывать полиэтиленом для минимизации испарения. Аналогичные действия необходимо проводить и при санации почвы, освобожденной от депонированных отходов.

Выводы

С целью продления службы полигонов ТКО предложена технология разделения депонированных отходов путем их сепарации на твердые отходы и грунтовую массу, освободившееся пространство и подрешетный отсев saniруется с применением природного сорбента, в качестве которого может быть использован сорбент "Агроионит".

Проведенные лабораторные исследования позволили обосновать необходимую дозу внесения сорбента "Агроионит" в загрязненный тяжелыми металлами грунтовый отсев. Доза внесения сорбента "Агроионит" объемом 16 % воздушно-сухой массы подрешетного отсева способна снизить в грунте концентрацию тяжелых металлов — свинца, никеля, меди, цинка, мышьяка, ртути, кадмия — до ПДК.

При уменьшении дозы до 12 % воздушно-сухого грунта не происходит снижение концентрации цинка до ПДК. Предварительное известкование грунта подрешетного отсева известью-пушонкой из расчета 12 г извести на 3 кг подрешетного отсева (0,4 %) позволяет снизить расход сорбента "Агроионит" с 16 до 12 % воздушно-сухой массы подрешетного отсева.

Оптимальная температура, при которой происходит сорбция тяжелых металлов, составляет 6–21 °С. При минусовой температуре (–4 °С) процесс сорбции практически прекращается в связи с тем, что почвенная влага превращается в лед. При температуре выше 35 °С процесс сорбции резко снижается из-за уменьшения влажности сорбента. С целью повышения сорбции рекомендуется грунт увлажнять или укрывать полиэтиленовой пленкой.

Литература

1. **Инструкция** по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов Министерства строительства РФ. 1998. [Электронный ресурс] URL: http://snipov.net/c_4649_snip_100791.html (дата обращения 21.12.2018).
2. **СанПиН 2.1.7.1322-03**. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/9018622329> (дата обращения 21.12.2018).
3. **Сметанин В.И.** Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. Учеб. и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений. М., КолосС, 2003. 232 с.
4. **Способ** реконструкции свалки с преобразованием ее в полигон ТБО. Патент на изобретение № 2431530 от 20.10.2011. [Электронный ресурс] URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2431530.html> (дата обращения 21.12.2018).
5. **Титов А.В.** Технология совмещения реконструкции и эксплуатации полигона твердых коммунальных отходов на примере полигона "МУП "Благоустройство" (Нижегородская область). Природобустройство. 2018. № 1. С. 106–111.
6. **СП 11-102-97** Инженерно-экологические изыскания для строительства. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001220> (дата обращения 21.12.2018).

References

1. **Instruktsiya** po proektirovaniyu, ekspluatatsii i rekul'tivatsii poligonov dlya tverdykh bytovykh otkhodov Ministerstva stroitel'stva RF. 1998. [Elektronnyi resurs] URL: http://snipov.net/c_4649_snip_100791.html (data obrashcheniya 21.12.2018).
2. **SanPiN 2.1.7.1322-03**. Gigienicheskie trebovaniya k razmeshcheniyu i obezvrezhivaniyu otkhodov proizvodstva i potrebleniya. [Elektronnyi resurs] URL: <http://docs.cntd.ru/document/9018622329> (data obrashcheniya 21.12.2018).
3. **Smetanin V.I.** Zashchita okruzhayushchei sredy ot otkhodov proizvodstva i potrebleniya. Ucheb. i ucheb. posobiya dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenii. M., KolosS, 2003. 232 s.
4. **Sposob** rekonstruktsii svalki s preobrazovaniem ee v poligon TBO. Patent na izobretenie № 2431530 ot 20.10.2011. [Elektronnyi resurs] URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2431530.html> (data obrashcheniya 21.12.2018).
5. **Titov A.V.** Tekhnologiya sovmeshcheniya rekonstruktsii i ekspluatatsii poligona tverdykh kommunal'nykh otkhodov na primere poligona "MUP "Blagoustroistvo" (Nizhegorodskaya oblast'). Prirodoobustroistvo. 2018. № 1. S. 106–111.
6. **SP 11-102-97** Inzhenerno-ekologicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva. [Elektronnyi resurs] URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001220> (data obrashcheniya 21.12.2018).

Л.В. Кирейчева – д-р техн. наук, зав. отделом, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, 127550 Россия, г. Москва, ул. Б.Академическая 44, кор. 2, e-mail: kireychevalw@mail.ru • А.В. Титов – директор, ООО АКБ "Проектор", 428012 Россия, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Канашское ш. 7, e-mail: titoff@mail.ru

L.V. Kireycheva – Dr. Sci. (Eng.), Head Of Department, All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, 127550 Russia, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya Str. 44, bld. 2, e-mail: kireychevalw@mail.ru • A.V. Titov – Director, ООО "NPO "Proektor", 428012 Russia, Cheboksary, Kanashskoe highway 7, e-mail: titoff@mail.ru