

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DOI 10.15593/2409-5125/2017.02.05

УДК 628.312:628.472.37.032

Ю.М. Загорская¹, Ю.А. Татаркина¹, О.А. Спешилова²

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

²Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Центр экологического образования»

ОЦЕНКА СРОКОВ КОМПСТИРОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗМЕЩЕНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПОЛИГОНАХ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

Приведены результаты натурных исследований, направленных на определение сроков компстирования осадков сточных вод (ОСВ) в естественных условиях, достаточных для достижения нормативных значений контролируемых показателей, при которых осадки могут быть допущены к захоронению на полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) или к использованию на полигонах отходов. В качестве объекта исследования была отобрана свежая проба осадков сточных вод на городских биологических очистных сооружениях Пермского края. Предметом исследования являлись показатели ОСВ, такие как влажность, зольность, pH солевой вытяжки, ХПК, БПК₅, которые предписаны к контролю согласно требованиям СанПиН 2.1.7.1322–03, СП 2.1.7.1038–01, ГОСТ Р 54535–2011. Компстирование проводилось в естественных климатических условиях Пермского края, высота компстируемой массы составляла не более 50 см, периодичность перемешивания 4 раза в теплый период года, общий срок эксперимента составил 2 года. В результате натурных исследований определены фактические сроки достижения нормативных значений по каждому контролируемому показателю. Представлены графики изменения показателей в процессе компстирования. ОСВ могут быть допущены к захоронению на полигоны ТКО не ранее чем через 3 месяца компстирования, лимитирующим показателем в определении срока является влажность. Минимальный срок компстирования, после которого ОСВ могут быть использованы на полигонах отходов, составляет 3 года и определяет-ся в большей степени скоростью понижения значений показателя БПК₅.

Ключевые слова: осадки сточных вод, компстирование в естественных условиях, влажность, зольность, pH, ХПК, БПК₅, захоронение, использование, полигон отходов.

Загорская Ю.М., Татаркина Ю.А., Спешилова О.А. Оценка сроков компстирования осадков сточных вод в естественных условиях с целью дальнейшего размещения, использования на полигонах захоронения отходов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 2. – С. 53–62. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.02.05

Zagorskaya Yu., Tatarkina Yu., Speshilova O. Estimation of the duration of sewage sludge composting under natural conditions for the purpose of further disposal or use on a landfill. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2017. No. 2. Pp. 53–62. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.02.05

В процессе очистки городских сточных вод образуются твердые отходы в виде осадков сточных вод, которые представляют собой смесь избыточного активного ила и осадков первичных отстойников. Избыточный активный ил представляет собой сложный органо-минеральный комплекс, органическая часть которого представляет собой смесь биомассы микроорганизмов и загрязняющих веществ с поступающими в аэротенк сточных вод [1]. Осадки первичных отстойников представляют собой студенистую суспензию с высоким содержанием органических веществ.

По причине высокого содержания органических веществ (40–70 %) [2, 3] при хранении, складировании ОСВ протекают процессы загнивания с выделением жидких и газообразных продуктов разложения. ОСВ являются благоприятной средой для интенсивного развития болезнетворных бактерий, что обуславливает их санитарно-гигиеническую опасность [4]. Таким образом, образующиеся в результате очистки сточных вод ОСВ представляют серьезнейшую экологическую проблему. Одной из главных проблем в вопросе подбора технологии утилизации ОСВ является их высокая влажность 95–98 % на этапе образования и медленный процесс водоотдачи по причине высокой коллоидности [3, 5, 6].

В настоящее время наиболее распространенным способом обращения с ОСВ является размещение их на иловых площадках [7, 8]. Иловые площадки имеют ограниченную площадь, по этой причине они не могут являться конечным объектом размещения, захоронения ОСВ. Одним из возможных в дальнейшем направлений обращения с ОСВ может быть вывоз на полигон отходов с целью размещения или использования [9]. Возможность захоронения или использования ОСВ на полигоне захоронения отходов определяется соответствием свойств ОСВ нормативным требованиям [10].

СанПиН 2.1.7.1322–03 устанавливают обязательные гигиенические требования к размещению, устройству, технологии, режиму эксплуатации и рекультивации объектов захоронения отходов производства и потребления (ОПП). Требования СП 2.1.7.1038–01 являются обязательными для эксплуатации и консервации полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО). ГОСТ Р 54535–2011 устанавливает требования к осадкам сточных вод при размещении и использовании как на полигонах ТКО, так и на полигонах ОПП.

Перечень показателей ОСВ, контролируемых в соответствии с СП 2.1.7.1038–01 и СанПиН 2.1.7.1322–03, включает в себя: класс опасности, влажность, ХПК и БПК₅ водной вытяжки, а также размер фракции. ГОСТ Р 54535–2011 расширяет и дополняет вышеуказанный перечень такими показателями, как зольность и pH солевой вытяжки. Предельно допустимые нормативы контролируемых показателей ОСВ при захоронении или использовании на полигонах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Контролируемые показатели ОСВ при захоронении
или использовании на полигонах ТКО и ОПП

Показатель	Норматив	
	Полигон ТКО (захоронение)	Полигон ТКО, ОПП (захоронение, использование)
Класс опасности	III–IV	IV–V
Влажность, %	≤ 85	≤ 50
Зольность, %	≥ 20	≥ 60
pH солевой вытяжки	5,0–12,0	5,5–8,5
ХПК водной вытяжки, мг/дм ³	≤ 5000	≤ 300
БПК ₅ , мг/дм ³	≤ 4000	≤ 200
Размер фракции, мм	–	< 250

ОСВ III–IV класса опасности могут быть захоронены совместно с ТКО в соотношении не более 30 % от массы ТКО при соответствии их свойств нормативам показателей, указанных в табл. 1.

ОСВ IV–V класса опасности могут быть захоронены или использованы в качестве изолирующего промежуточного слоя без ограничения в количестве на полигонах, если значения контролируемых показателей отвечают нормативам, приведенным в табл. 1.

При складировании на иловых площадках в естественных условиях свойства ОСВ меняются во времени в результате протекания следующих процессов: удаление жидкой фазы с поверхности, фильтрование жидкой фазы через слой осадка и ее удаление с помощью дренажа, испарение жидкости со свободной поверхности осадка, уплотнение осадка, а также гумификация и биологическая стабилизация органической составляющей [11, 12].

Скорость протекания указанных процессов в естественных условиях, следовательно, и срок достижения показателей значений, при которых ОСВ могут быть вывезены с иловых площадок для захоронения или использования на полигоне, будут зависеть от климатических условий территории размещения иловых площадок.

Нами было проведено исследование с целью установления сроков компостирования ОСВ в естественных климатических условиях города Перми, достаточных для достижения показателей значений допустимых к захоронению или использованию ОСВ на полигоне отходов. Климат г. Перми характеризуется как континентальный, с повышенной влажностью¹. Среднемесячная влажность воздуха может изменяться от 61 %

¹ ТСН 23-301-04/8. Строительная климатология Пермской области.

в мае и до 85 % в ноябре, среднегодовая – 74 %. Годовая норма осадков составляет порядка 600 мм, большая часть из них выпадает в виде дождя. Среднемесячная температура воздуха в январе варьируется в диапазоне от –14 до –28 °С, в июле – от +12 до +28 °С [13].

В качестве объекта исследования была отобрана свежая проба ОСВ на городских биологических очистных сооружениях Пермского края массой 100 кг. Компостирование проводилось в естественных условиях с периодичностью перемешивания 4 раза в теплый период года, высота компостируемой массы составляла не более 50 см. Незначительная высота слоя и периодическое перемешивание были организованы с целью оптимизации аэробных условий разложения органического вещества микроорганизмами, которые используют атмосферный кислород в процессе деструкции органического углерода с образованием углекислого газа.

Для отслеживания динамики изменения показателей ОСВ были отобраны образцы через 1 неделю, 3 месяца и два года компостирования. Определение контролируемых показателей проводилось по методикам, представленным в табл. 2.

Таблица 2

Методики определения контролируемых показателей ОСВ

№ п/п	Показатель	Методика определения
1	Влажность, %	ГОСТ 26713–85 «Удобрения органические. Метод определения воды и сухого остатка»
2	Зольность, %	ГОСТ 26714–85 «Удобрения органические. Метод определения зольности»
3	рН солевой вытяжки	ГОСТ 26483–85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИАНО»
4	ХПК водной вытяжки, мг/дм ³	Приготовление водной вытяжки в соотношении 1:1 (абсолютно сухая масса : жидкость), длительность контакта 5 мин. Определение ХПК по РД 52.24.421–2007 «Химическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений титрометрическим методом»
5	БПК ₅ водной вытяжки, мг/дм ³	Приготовление водной вытяжки в соотношении 1:1 (абсолютно сухая масса : жидкость), длительность контакта 5 мин. Определение БПК ₅ по ПНД Ф 14.1: 2.275–2012 «Методика выполнения измерений биохимического потребления кислорода в природных и очищенных сточных водах манометрическим методом»

Результаты определения значений показателей образцов ОСВ разного срока компостирования представлены в табл. 3.

Таблица 3

Контролируемые показатели ОСВ разного срока компостирования

Показатель	ОСВ0	ОСВ1	ОСВ2	ОСВ3
Срок компостирования	0	1 неделя	3 месяца	2 года
Класс опасности	IV	IV	IV	IV
Влажность, %	92	88	84	52
Зольность, %	34	36	44	60
pH солевой вытяжки	7,3	7,4	7,6	7,3
ХПК водной вытяжки, мг/дм ³	13400	11056	3741	797
БПК ₅ , водной вытяжки, мг/дм ³	6640	3760	1559	489
Размер фракции, мм	Пастообр.	Пастообр.	Пастообр.	<250

В исходном состоянии ОСВ характеризуются повышенной влажностью 92 %, которая понижается за 3 месяца компостирования до значений ≤ 85 %, при которых осадки могут быть приняты к захоронению на полигоне ТКО. К использованию на полигоне ОСВ могут быть допущены по показателю влажности через 2 года 2 месяца компостирования (рис. 1).

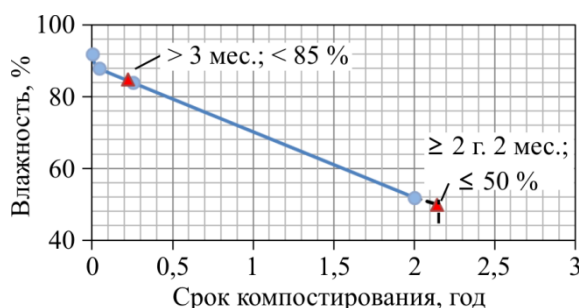


Рис. 1. Изменение влажности ОСВ в процессе компостирования

На момент образования ОСВ по показателю зольности 34 % уже могут быть направлены на захоронение без дополнительных мероприятий стабилизации. После 2 лет компостирования содержание органического вещества уменьшается в процессе биологического разложения до уровня минерализации ≥ 60 (рис. 2), при котором ОСВ могут быть использованы на полигонах.

По показателю pH солевой вытяжки ОСВ могут быть направлены на захоронение или использованы на полигонах отходов без дополнительного компостирования.

ОСВ в исходном состоянии характеризуются высокими значениями показателей ХПК и БПК₅ водной вытяжки – 13400 и 6640 мгО₂/л соответственно, что свидетельствует о высоком содержании органических и неорганических водорастворимых соединений.

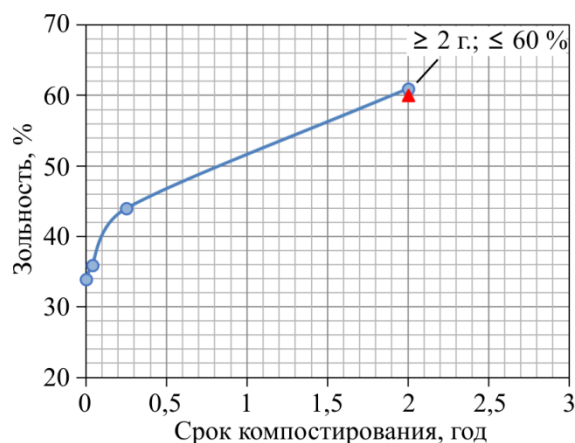


Рис. 2. Изменение зольности ОСВ в процессе компостирования

В процессе компостирования органические и неорганические соединения окисляются, восстанавливаются, биологически разлагаются, содержание их в водной вытяжке уменьшается [14] и достигает значений, удовлетворяющих нормативам при захоронении по показателю ХПК через 2 месяца – ≤ 5000 мг/л, по показателю БПК₅ через 1 неделю – ≤ 4000 .

По данным экспериментальных значений показателей ХПК и БПК₅ методом аппроксимации в Excel были установлены уравнения линий тренда, по которым был произведен расчет прогнозируемого срока достижения показателей уровня нормативов, допускающих к использованию ОСВ на полигонах: по показателю ХПК через 2 года 10 месяцев (рис. 3), по показателю БПК₅ через 3 года (рис. 4).

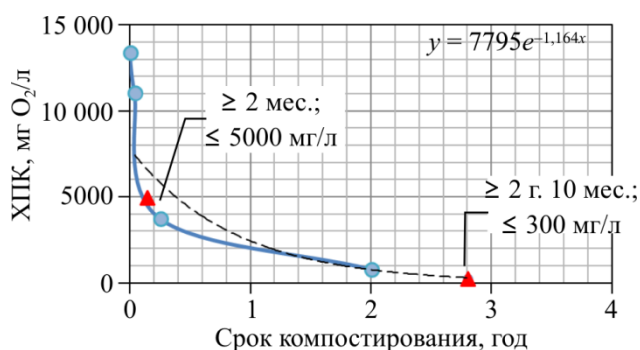


Рис. 3. Изменение ХПК ОСВ в процессе компостирования

При принятии решений о возможности захоронения или использовании ОСВ на полигонах отходов значения контролируемых показателей должны все одновременно удовлетворять нормативным требованиям (см. табл. 1).

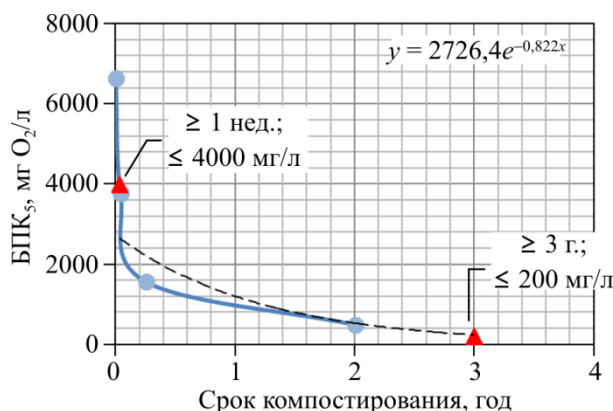


Рис. 4. Изменение БПК₅ ОСВ в процессе компостирования

Анализ установленных сроков достижения контролируемых показателей ОСВ нормативных требований в процессе компостирования позволил сделать следующие выводы:

1) ОСВ могут быть допущены к захоронению на полигоны ТКО не ранее чем через 3 месяца компостирования; лимитирующим показателем в установлении срока является влажность;

2) минимальный срок компостирования, после которого ОСВ могут быть использованы на полигонах, составляет 3 года и определяется в большей степени скоростью понижения значения показателя БПК₅.

Результаты проведенной работы в дальнейшем могут быть применены для оптимизации схемы обращения с ОСВ на конкретном предприятии с учетом сроков стабилизации. При принятии решения необходимо учитывать, что использование отходов в качестве вторичных ресурсов в соответствии с государственными принципами по обращению с отходами является более приоритетным направлением, чем захоронение.

Библиографический список

1. Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений / И.С. Гуляева, М.С. Дьяков, Я.Н. Савинова, В.А. Русакова, И.С. Глушанкова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 2. – С. 18–32.
2. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. – 3-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 314 с.
3. Кадысева А.А., Безухова С.В., Гильмутдинов Р.М. Биохимическое окисление органических веществ в анаэробных условиях // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1(13). – С. 42–46.
4. Способ утилизации осадков сточных вод станций биологической очистки: пат. 2109696 Рос. Федерация: С02F11/14 / Элькин К.М., Торунова М.Н., Тишков К.Н., Дубровин А.М., Логинов Н.В. – № 96113570/25; заявл. 05.07.1996; опубл. 27.04.1998.

5. Обработка осадка сточных вод: полезный опыт и практические советы / Ян-Эрик Люфт, Entsorgungsbetriebe Lübeck, Туули Ойяла [и др.]. – Финляндия: Project on Urban Reduction of Eutrophication, 2012. – 125 с.
6. Решетов Н.Г., Олейник А.С. Проблемы очистки и утилизации осадков сточных вод // Вестник Воронежского государственного университета. География. Геоэкология. – 2001. – № 1. – С. 114–116.
7. Калимуллина Д.Д., Багаутдинов И.З. Осуществление обезвоживания осадков сточных вод на иловых площадках // Инновационная наука. – 2016. – № 5-2 (17). – С. 116–118.
8. Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Обезвоживание осадков городских сточных вод на передвижных компактных комплексах // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 9. – С. 14–17.
9. Беляева С.Д., Короткова Е.В. Новые национальные стандарты по использованию и размещению осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 4. – С. 5–9.
10. Загорская Ю.М., Татаркина Ю.А., Завизион Ю.В. Обращение с осадками сточных вод. Требования при захоронении и использовании на полигоне ТКО // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика: материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – С. 288–296.
11. Иловые площадки и иловые пруды [Электронный ресурс]. – URL: <http://stroy-spravka.ru/article/ilovye-ploshchadki-i-ilovye-prudy> (дата обращения: 10.02.2017).
12. Smidt E., Binner E., Lechner P. Humic acid formation in composts – the role of microbial activity // Proceedings of the European Symposium on Environmental Biotechnology. – Leiden; London; New York; Philadelphia; Singapore: Balkema Publishers, 2004. – P. 143–146.
13. Справочник по климату СССР. – Вып. 09. Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области и Башкирская АССР. – Ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров / под ред. Г.С. Халевицкой. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 265 с.
14. Smidt E., Binner E., Meissl K., Tintner J. Compost Quality – Trends and Tools. In: Lechner P. (Hrsg.): Waste matters. Integrating views // 2nd BOKU Waste Conference. Proceedings / Facultas Verlags- und Buchhandels AG. – Wien, 2007. – P. 56–61.

References

1. Guljaeva I.S., Djakov M.S., Savinova Ja.N., Rusakova V.A., Glushankova I.S. Analiz i obosnovanie metodov obezvezhivaniya i utilizacii osadkov stochnyh vod biologicheskikh ochestnyh sooruzhenij [Analysis and study of methods of neutralization and disposal of sewage sludge biological treatment plant]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo polytekhnicheskogo universiteta. Ohrana okruzhajushhej sredy, transport, bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, 2012, no. 2, pp. 18–32.
2. Pahnenco E.P. Osadki stochnyh vod i drugie netradicionnye organicheskie udobreniya [Sludge and other non-traditional organic fertilizers]. Moscow: BINOM. Laboratorija znaniy, 2015, 314 p.
3. Kadyseva A.A., Bezuhova S.V., Gil'mutdinov R.M. Biohimicheskoe okislenie organicheskikh veshchestv v anajerobnyh usloviyah [Biochemical oxidation of organic substances under anaerobic conditions]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 1(13), pp. 42–46.
4. Jel'kind K.M., Torunova M.N., Tishkov K.N., Dubrovin A.M., Loginov N.V. Sposob utilizacii osadkov stochnyh vod stancij biologicheskoy ochestki [The method of disposal of sewage sludge biological treatment plants]: pat. 2109696 Russian Federation: C02F11/14. Nizhegorodskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, no. 96113570/25; zayavl. 05.07.1996; opubl. 27.04.1998.
5. Ljuft J.-J., Lübeck E., Ojjala T. [et al.]. Obrabotka osadka stochnyh vod: poleznyj opyt i prakticheskie sovety [Sewage sludge treatment: a rewarding experience and practical tips]. *Project on Urban Reduction of Eutrophication*, Finlandija, PURE, 2012, 125 p.
6. Reshetov N.G., Olejnik A.S. Problemy ochestki i utilizacii osadkov stochnyh vod [Problemy treatment and disposal of sewage sludge]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Geografija. Geojekologija*, 2001, no. 1, pp. 114–116.
7. Kalimullina D.D., Bagautdinov I.Z. Osushhestvlenie obezvozhivaniya osadkov stochnyh vod na ilovyh ploshchadkah [Implementation of the dewatering of sewage sludge on sludge beds]. *Innovacionnaja nauka*, 2016, no. 5-2 (17), pp. 116–118.

8. Shtonda Ju.I., Zubko A.L. Obezvozhivanie osadkov gorodskih stochnyh vod na peredvizhnyh kompaktnyh kompleksah [Dewatering of municipal sewage sludge on compact mobile complexes]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika*, 2010, no. 9, pp. 14-17.
9. Beljaeva S.D., Korotkova E.V. Novye nacional'nye standarty po ispol'zovaniju i razmeshheniju osadkov stochnyh vod [New national standards for the use and disposal of sewage sludge]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika*, 2013, no. 4, pp. 5-9.
10. Zagorskaja Ju.M., Tatarkina Ju.A., Zavizion Ju.V. Obrashhenie s osadkami stochnyh vod. Trebovanija pri zahoronanii i ispol'zovanii na poligone TKO [Treatment of sewage sludge. Requirements for the use and disposal of the landfill of MSW]. *Jekologija i nauchno-tehnicheskij progress. Urbanistika: materialy 3rd Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh*. Perm, 2015, pp. 288-296.
11. *Ilovyje ploshhadki i ilovyje prudy* (Sludge ponds and sludge ponds) available at: <http://stroy-spravka.ru/article/ilovyje-ploshhadki-i-ilovyje-prudy> (accessed 10 February 2017).
12. Smidt E., Binner E., Lechner P. Humic acid formation in composts – the role of microbial activity. *Verstraete W. (Ed.), Proceedings of the European Symposium on Environmental Biotechnology*. Balkema Publishers, Leiden, London, New York, Philadelphia, Singapore, 2004, pp. 143–146.
13. Spravochnik po klimatu SSSR. Vypusk 09. Permskaja, Sverdlovskaja, Cheljabinskaja, Kurganskaja oblasti i Bashkirskaja ASSR. Chast' 4. Vlazhnost' vozduha, atmosferynye osadki i snezhnyj pokrov. Leningrad: Gidrometeoizdat (otdelenie), 1968, 265 p.
14. Smidt E., Binner E., Meissl K., Tintner J. Compost Quality – Trends and Tools. In: Lechner P. (Hrsg.): *Waste matters. Integrating views. 2nd BOKU Waste Conference. Proceedings*. Facultas Verlags- und Buchhandels AG. Wien, 2007, pp. 56-61.

Получено 20.02.2017

Yu. Zagorskaya, Yu. Tatarkina, O. Speshilova

ESTIMATION OF THE DURATION OF SEWAGE SLUDGE COMPOSTING UNDER NATURAL CONDITIONS FOR THE PURPOSE OF FURTHER DISPOSAL OR USE ON A LANDFILL

In this paper the results of field studies aimed at determining the duration of composting of sewage sludge under natural conditions sufficient to achieve the normative values of the monitored indicators at which sewage sludge can be disposed or used on a landfill are presented. A fresh sample of sewage sludge taken at Perm municipal biological treatment was used as a research object. A number of characteristics of sewage sludge such as moisture content, ash content, pH of salt extract, COD and BOD₅, prescribed to control according to the requirements of Sanitary Rules and Norms (SanPiN) 2.1.7.1322-03, Sanitary Rules (SP) 2.1.7.1038-01, Russian National Standard (GOST R) 54535-2011 was the subject of the study. Composting has been carried out under natural climatic conditions of the Perm Krai, the height of composted mass was not more than 50 cm, the periodicity of mixing was four times during the warm period of the year and the total period of the experiment was two years. As a result of field study the actual terms for reaching standard values of each monitored parameter were determined. The dynamics of change of parameters' values while composting is presented on a diagram. Sewage sludge can be allowed to be disposed on a landfill no earlier than after three months of composting; the limiting factor in the definition of the term is moisture. The minimum duration of composting after which sewage sludge can be used in landfills is three years, and it is determined to a greater extent by the decreasing rate of BOD₅ value.

Keywords: Sewage sludge, composting under natural conditions, moisture, ash content, pH, COD, BOD₅, disposal, use, landfill.

Загорская Юлия Михайловна (Пермь, Россия) – ст. преподаватель кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, ул. Комсомольский пр., 29 e-mail: makarova_u85@mail.ru).

Татаркина Юлия Андреевна (Пермь, Россия) – магистр кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, ул. Комсомольский пр., 29 e-mail: julischna269@rambler.ru).

Спешилова Ольга Александровна (Пермь, Россия) – инженер-эколог Автономной некоммерческой организации дополнительного профессионального образования «Центр экологического образования» (614000, г. Пермь, ул. М. Горького, 5, e-mail: spesh.87@mail.ru).

Zagorskaya Julia (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer of Department "Environmental Protection", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: makarova_u85@mail.ru).

Tatarkina Julia (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department "Environmental Protection", Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: julischna269@rambler.ru).

Speshilova Olga (Perm, Russian Federation) – Engineer-ecologist of the Autonomous Non-commercial Organization of Additional Professional Education "Center for Environmental Education" (614000, Perm, M. Gorky str., 5, e-mail: spesh.87@mail.ru).