БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 697.922:532.546

DOI: 10.22227/1997-0935.2019.1.118-125

Конструктивно-строительное оформление системы и сооружений подачи и распределения воздуха в обращении с отходами

Д.В. Зеленцов, О.В. Тупицына, К.Л. Чертес

*Самарский государственный технический университет (СамГТУ),
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244*

АННОТАЦИЯ

Введение. Широкое распространение в технологиях химического и биотермического окисления органики получили методы обезвреживания (в том числе компостирование). Перспективным методом обращения с отходами является их биотермическое компостирование с использованием управляемых газовых потоков. Изложены методы интенсификации процесса: введение инокулирующих добавок, повышение однородности смеси, рециркуляция компостов, естественная и принудительная низконапорная и высоконапорная аэрация и др. Одним из примеров реализации данных технологий служат комплексы обезвреживания нефтезагрязненных грунтов.

Материалы и методы. Дано описание реализованных комплексов биотермического компостирования нефтезагрязненных грунтов: функциональное зонирование, конструктивные решения. Рассмотрены основные функциональные зоны: участок входного контроля, площадка промежуточного размещения, зона непрерывной принудительной аэрации (инокуляции), зона периодической принудительной аэрации (штабельно-кавалерной биодеструкции) и зона естественной аэрации без перемешивания (зона созревания). Основным элементом комплекса выступает система комбинированной аэрации (принудительной от воздухоподувных устройств и естественной механической путем перемешивания). Показана целесообразность применения высоконапорной принудительной аэрации для интенсификации процесса компостирования.

Результаты. Представлен разработанный режим работы системы аэрации компостируемой массы: первоначальный процесс неполного окисления органики в штабелях инокуляции с постоянным расходом воздуха и окончательное разложение органики с периодическим расходом воздуха. Дано конструктивное оформление системы высоконапорной принудительной аэрации, применяемой для интенсификации процесса компостирования. Аэробное биотермическое компостирование производится в аэрируемых штабелях, формируемых на площадках с водонепроницаемым покрытием. Аэрация, необходимая для ускорения процесса разложения органического вещества в компостах, осуществляется в естественных (перемешивание ковшем) и искусственных (продувка) условиях. Для продувки используют систему перфорированных трубопроводов и воздухоподувные станции. Описаны мероприятия по защите трубопроводов (воздуховодов) от агрессивного воздействия окружающей среды и увеличения срока их эксплуатации, по обеспечению эффективности работы системы аэрации в аварийной ситуации.

Выводы. Показана возможность практической реализации технологии управления газовыми потоками при проектировании, строительстве и эксплуатации комплексов биотермической обработки отходов. Реализация данных проектов доказала необходимость создания обобщенной математической модели, которая описывала бы в общем виде поведение газовых потоков в гетерофазных отходах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтезагрязненные грунты, компостирование, аэрация, биотермическая обработка, воздухоподувные устройства

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Зеленцов Д.В., Тупицына О.В., Чертес К.Л. Конструктивно-строительное оформление системы и сооружений подачи и распределения воздуха в обращении с отходами // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 1. С. 118–125. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.1.118-125

Structural and construction design of the system and structures of the supply and distribution of air in the treatment of waste

Danila V. Zelentsov, Olga V. Tupitsyna, Konstantin L. Chertes

*Samara State Technical University (Samara Polytech),
244 Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. Neutralization methods (including composting) are widely used in the technologies of chemical and biothermal oxidation of organic matter. A promising method of waste management is their biothermal composting using controlled gas flows. The methods of process intensification are described: the introduction of inoculating additives, increasing the homogeneity of the mixture, recycling of composts, natural and forced low-pressure and high-pressure aeration, and several others. One example of the implementation of these technologies is the disposal of oil-contaminated soils.

Materials and methods. The description of the implemented complexes of biothermal composting of oil-contaminated soils: functional zoning, design solutions. The main functional zones are shown: input control section, intermediate placement area, continuous forced aeration zone (inoculation), periodic forced aeration zone (stacked cavalier biodegradation), and natural aeration zone without mixing (ripening zone). The main element of the complex is the combined aeration system (forced from blower devices and natural mechanical mixing). The expediency of using high-pressure forced aeration to intensify the composting process is shown.

Results. The developed mode of operation of the aeration system of the composted mass is described: the initial process of incomplete oxidation of organic matter in stacks of inoculation with a constant air flow and the final decomposition of organic matter with a periodic air flow. The constructive design of the high-pressure forced aeration system used to intensify the composting process is given. Aerobic biothermal composting is performed in aerated piles, which are formed on sites with a waterproof coating. Aeration, necessary to accelerate the decomposition of organic matter in the composts, is carried out in natural (mixing with a ladle) and artificial (purging) conditions. For purging use a system of perforated pipes and blower station. Describes measures to protect pipelines (ducts) from aggressive environmental exposure and increase their service life, to ensure the efficiency of the aeration system in an emergency.

Conclusions. The possibility of practical implementation of gas flow control technology in the design, construction and operation of biothermal treatment of waste is shown. The implementation of the projects described in the article showed the need to create a generalized mathematical model that would describe in general terms the behavior of gas flows in heterophase wastes.

KEYWORDS: oil contaminated soils, composting, aeration, biothermal treatment, blower devices

FOR CITATION: Zelentsov D.V., Tupitsyna O.V., Chertes K.L. Structural and construction design of the system and structures of the supply and distribution of air in the treatment of waste. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2019; 14:1:118-125. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.1.118-125 (rus.).

ВВЕДЕНИЕ

Деятельность человека сопровождается образованием многочисленных видов отходов (производственных и коммунальных). Они отличаются по составу, механическим, физико-химическим и биологическим свойствам. Поэтому в зависимости от вида отхода и способа его размещения применяются различные технологии обращения с массивами отходов, которые в существующих классификациях условно разделены на механические, физико-химические, термические и биохимические (биологические) методы [1–4]. Большинство биохимических методов предполагает воздействие методов продувки, аэрации, аэробной минерализации, анаэробного сбраживания. Перспективным методом обращения с отходами является их биотермическое компостирование, которое позволяет получить грунтоподобный, санитарно-безопасный продукт, пригодный к утилизации в качестве рекультивационного материала [5, 6].

Имеется большое разнообразие методов, технологий и сооружений биотермического компостирования, которые в основном отличаются различным набором методов интенсификации, направленных на сокращение продолжительности процесса, минимизации материальных затрат и экологических издержек. К существующим методам интенсификации, описанным в литературе, относят: введение инокулирующих добавок [7–9], повышение однородности смеси в стационарных смесителях [10], рециркуляцию компостов [11, 12], низконапорную аэрацию [13] и т.д. Способы обработки нефтегрuntов и биодеструкции отходов нефтешламонакопителей описаны в работах [14, 15].

Эти способы сопряжены с процессами подачи и отведения газовых потоков для управления процессами, инициируемыми в массивах отходов. Предлагаемые при обработке отходов различного вида современные методы обезвреживания с управляемыми газовыми потоками получили широкое распространение в технологиях химического и биотермического окисления органики, в том числе шламовых отходов, нефтезагрязненных грунтов и т.д. [16–18]. Примером реализации технологии управления газовыми потоками [19–21] служат комплексы биотермической обработки нефтезагрязненных грунтов ОАО «Самаранефтегаз», запроектированные и построенные при участии авторов на Михайловско-Коханском и Горбатовском месторождениях Самарской области [22].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Комплексы биотермической обработки оборудованы функциональными зонами: участки входного контроля, площадки промежуточного размещения, зона непрерывной принудительной аэрации (инокуляции), периодической принудительной аэрации (штабельно-кавалерной биодеструкции) и зона естественной аэрации без перемешивания (зона дозревания) (рис. 1). Основным элементом комплекса является система комбинированной аэрации (принудительной от воздухоподводящих устройств и естественной механической путем перемешивания) [21, 23].

На площадке комплекса располагается три аэрируемых штабеля инокуляции [24] высотой 3 м, размером в плане 6 × 30 м на основе смеси нефтезагрязненных отходов и биодобавок, и высо-

конагружаемый аэрируемый кавальер дозревания компостной смеси высотой 8 м, размером в плане 30 × 55 м (рис. 1).

Под штабелями инокуляции и кавальером дозревания в бетонном основании площадки устраиваются продольные аэрационные каналы, в которых располагаются распределительные перфорированные воздуховоды, засыпанные керамзитовым грави-ем и закрытые стальным перфорированным листом (рис. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диапазон концентраций нефтепродуктов в грунтах, подвергаемых компостированию, как правило, лежит в пределах от 1000 до 100 000 мг/кг масс. Таким образом, максимальная концентрация в грунте органики, подвергающейся деструкции составляет 10 %. Общий максимальный расход воздуха, необходимый для полного разложения (окисления) органики составляет 6,8 л на 1 г органики.

Рис. 1. Схема комплекса биотермической обработки: 1 — участок приготовления компостной смеси; 2 — зона непрерывной принудительной аэрации (штабели инокуляции); 3 — зона периодической принудительной аэрации (штабельно-кавалерной биодеструкции); 4 — зона естественной аэрации без перемешивания (бурт дозревания); 5 — мостовой кран с грейферным ковшом; 6 — воздушные устройства

Fig. 1. Scheme of the complex of biothermal processing: 1 — section for preparation of the compost mixture; 2 — zone of continuous forced aeration (piles of inoculation); 3 — zone of periodic forced aeration (stacked cavalry biodegradation); 4 — zone of natural aeration without stirring (ripening collar); 5 — overhead crane with grab bucket; 6 — blower devices

Рис. 2. Общий вид площадки с аэрационными каналами и канал, закрытый защитным листом

Fig. 2. General view of the site with aeration channels and the channel closed by a protective sheet

Расчет аэрации производился исходя из максимального (10 %) содержания органики в грунтах [25].

Режим аэрации компостируемой массы [26–28] следующий:

1. В штабелях инокуляции происходит первоначальный процесс неполного окисления органики с расходом воздуха 1,7 л на 1 г органики. Аэрация при данном процессе осуществляется непрерывно в течение первой недели, затем 2 ч в день в течение последующих двух недель. Общее время аэрации при инокуляции на одну загрузку составляет 196 ч, затем грунт перемещается в высоконагружаемый кавальер.

2. В кавальере происходит процесс дозревания компоста с окончательным разложением органики с расходом воздуха 5,1 л на 1 г органики. Аэрация при данном процессе осуществляется периодически в течение года по одному часу. Общее время дозревания на одну загрузку составляет 365 ч. Так как общий объем грунта в кавальере очень большой, и для того, чтобы провести его аэрацию целиком требуется слишком большой расход воздуха, то с помощью системы аэрационных воздухопроводов аэрируются нижние 4 м грунта. Воздуховоды разделены на восемь групп, которые работают периодически по 1 ч в течение рабочего времени, переключение групп осуществляется при помощи воздушных заслонок, устанавливаемых в коврах на каждую группу (рис. 3). Верхние 4 м грунта аэрируются путем перемешивания грейферным ковшом, устанавливаемым на мостовом кране.

Подача воздуха к штабелям инокуляции и кавальеру обеспечивается нагнетательными агрегатами (воздуходувками) Lutos (Чехия) марки DT 66/102 // DN 150, устанавливаемыми на открытом воздухе непосредственно на площадке между штабелями и кавальером (рис. 4). Минимальная температура окружающей среды, при которой работают воздухо-

дувки –25 °С. Устанавливаются две воздуходувки, по одной на аэрацию штабелей инокуляции и кавальера. В состав основного оборудования воздуходувки входят: нагнетатель DI 66 с трехзубым ротором; электродвигатель модели 250–2 мощностью 55 кВт; несущая рама с демпфером сжатого воздуха; демпфер и фильтр всасывания; ременная передача; предохранительный клапан Herose (или PVO — для давления от 30 кПа); обратный клапан на стороне нагнетания; компенсатор; визуальный индикатор засоренности; манометр на стороне нагнетания; комплект технической документации. Также воздуходувка комплектуется специальными принадлежностями для установки на открытом воздухе — всепогодный кожух КЕ 202.

Под каждым штабелем инокуляции в бетонном основании устраиваются продольные аэрационные каналы в количестве 4-х, сечением 250 × 250 мм, длиной 28 м, в которых располагаются распределительные перфорированные воздухопроводы диаметром 100 мм, длиной 28 м, засыпанные керамзитовым гравием фракции 20–40 мм, обеспечивающим равномерное распределение потока воздуха по всей площади канала, и закрытые стальным перфорированным листом ПВ-506 толщиной 6 мм. В местах ввода распределительных перфорированных воздухопроводов устраиваются коверы (бетонные приемки) для размещения запорно-регулирующей арматуры.

Под кавальером аналогично устраиваются продольные аэрационные каналы в количестве 24-х, разделенные на восемь групп по три канала сечением 350 × 350 мм, длиной 53 м, в которых располагаются распределительные перфорированные воздухопроводы диаметром 200 мм, длиной 53 м, засыпанные керамзитом фракции 20–40 мм и закрытые стальным перфорированным листом ПВ-506 толщиной 6 мм. В местах ввода групп распределительных

Рис. 3. Бетонный приямок (ковер) с запорно-регулирующей арматурой

Fig. 3. Concrete pit (carpet) with shut-off and control valves

Рис. 4. Воздуходувки наружного исполнения для подачи воздуха

Fig. 4. Blowers outdoor version for air supply

воздухопроводов устраиваются коверы для размещения запорно-регулирующей арматуры.

В целях защиты трубопроводов (воздуховодов) от агрессивного воздействия окружающей среды и увеличения срока их эксплуатации при изготовлении воздуховодов используется оцинкованная листовая сталь увеличенной толщины относительно нормируемой — 0,9 мм (нормируемая для диаметров 100 и 200 мм — 0,5 мм, для диаметра 315 мм — 0,6 мм). Для удаления влаги, попадающей в каналы, каналы и воздуховоды прокладываются с уклоном 0,003 мм в сторону коверов, откуда влагу можно удалить.

Для обеспечения эффективности работы системы аэрации в аварийной ситуации между воздуховодами, подающими воздух на штабеля инокуляции, и воздуховодами кавальера дозревания предусмотрена перемычка с воздушной заслонкой, позволяющая переключать воздухоувувку с работы на штабель инокуляции на работу на кавальер дозревания, или наоборот. В нормальном режиме работы заслонка закрыта, в случае возникновения аварийной ситуации (выхода из строя одной воздухоувувки) заслонку открывают, и другая воздухоувувка начинает работать на обе системы аэрации либо в тех же режимах с уменьшением расхода подаваемого воздуха, либо с уменьшением времени аэрации компоста при тех же расходах воздуха. Таким образом, процесс компостирования не прерывается, лишь незначительно увеличиваются сроки разложения органики за вре-

мя ремонта или замены вышедшей из строя воздухоувувки. В целях взаимозаменяемости режимы работы воздухоувувок подобраны также с таким условием, что для штабелей инокуляции и кавальера дозревания приняты воздухоувувки одного типа одной модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Конструирование и дальнейшая эксплуатация комплексов биотермической обработки нефтезагрязненных грунтов продемонстрировали возможность практической реализации технологии управления газовыми потоками при условии проведения программы теоретических и экспериментальных исследований [28–31]. Проведенный в рамках работы анализ показал, что для снижения зависимости от проведения физических экспериментов надо использовать предварительную оценку массивов отходов методом многомерных данных. Для упрощения решения задачи управления газовыми потоками, особенно на предварительной стадии, необходимо иметь обобщенное решение. Реализация данных проектов подтверждает необходимость создания математической модели, которая описывала бы в общем виде поведение газовых потоков при естественной аэрации и при принудительной аэрации в гетерофазных средах, которыми являются массивы отходов различной природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. М.: Недра, 1997. 470 с.
2. Иванов В.Г., Сироткина Е.Е., Глазков О.В., Глазкова Е.А., Алексеев А.П., Волкова Г.И. Очистка нефтесодержащих сточных вод адсорбцией // Водочистка. 2006. № 11. С. 14–17.
3. Rocha C., Infante C. Enhanced oil sludge bioremediation by a biosurfactant isolated from *Pseudomonas aeruginosa* USB-CS1 // 10th International Conference Global Impacts Applied Microbiology and Biotechnology, Elsinore, 6–12 August. 1995. P. 115.
4. Francy D.S., Thomas J.M., Raymond R.L., Ward C.H. Emulsification of hydrocarbons by subsurface bacteria // Journal of Industrial Microbiology. 1991. Vol. 8. Issue 4. Pp. 237–245. DOI: 10.1007/bf01576061
5. Бурлака И.В., Бурлака Н.В., Бурлака В.А., Клементьев И.М., Рыбкин Д.М. Обезвреживание нефтешламов и замазученных грунтов — существенное снижение экологической нагрузки на окружающую среду // Экология и промышленность России. 2008. № 9. С. 34–37.
6. Тупицына О.В., Гладышев Н.Г., Кузнецова М.С., Пирожков Д.А., Чертес Л.К., Тарасова И.В. и др. Реабилитация территорий, деградированных в результате деятельности опасных производств // Экология и промышленность России. 2011. № 3. С. 30–32.
7. Коронелли Т.В. Микробиологическая деградация углеводородов и ее экологические последствия // Биологические науки. 1982. № 3. С. 5–13.
8. Perry J.J. Microbial cooxidations involving hydrocarbons // Microbiological Reviews. 1979. Vol. 43. P. 59.
9. Willson G.B. Forced aeration composting // Water Science and Technology. 1983. Vol. 15. Issue 1. Pp. 169–180. DOI: 10.2166/wst.1983.0015
10. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1988. 256 с.
11. Туровский И.С., Букреева Т.Е., Астахова А.В. Биотермическая обработка осадков сточных вод. М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1989. 60 с.
12. Lehtokary M. Composting of dewatered sewage sludge in a horizontal aerated bed reactor using compost recycle for moisture control // Sludge Treatment and Disposal Problems and Options. Munich, May 22–25. 1994. Pp. 158–164.

13. Epstein E.D. A forced aeration systems for composting wastewater sludge // J. WPCF. 1996. No. 4. Pp. 688–694.
14. Тараканов Д.И. Технология обработки нефтезагрязненных грунтов и осадков сточных вод с целью их использования в качестве изолирующих материалов на полигонах захоронения твердых бытовых отходов : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04, 03.00.16. Пенза, 2001. 23 с.
15. Ермаков В.В. Классификация нефтешламонакопителей и прогнозирование процесса биодеструкции отходов при их ликвидации : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 03.00.16. Пермь, 2010. 18 с.
16. Чертес К.Л., Быков Д.Е., Тупицына О.В., Самарина О.А., Уварова Н.А., Истомина Е.П., Штеренберг А.М. Интенсивная биотермическая обработка шламовых отходов нефтяного комплекса // Экология и промышленность России. 2010. № 3. С. 36–39.
17. Haug R.T. Sludge composting: a discussion of engineering principle // Compost Science Journal of Waste Recycling. 2001. Vol. 26. No. 6. Pp. 6–11.
18. Yu H., Xie B., Khan R., Shen G. The changes in carbon, nitrogen components and humic substances during organic-inorganic aerobic co-composting // Biore-source Technology. 2018. Vol. 271. Pp. 228–235. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.09.088
19. Yuan J., Li Y., Chen S., Li D., Tang H., Chadwick D. et al. Effects of phosphogypsum, superphosphate, and dicyandiamide on gaseous emission and compost quality during sewage sludge composting // Bioresource Technology. 2018. Vol. 270. Pp. 368–376. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.09.023
20. Han Z., Sun D., Wang H., Li R., Bao Z., Qi F. Effects of ambient temperature and aeration frequency on emissions of ammonia and greenhouse gases from a sewage sludge aerobic composting plant // Biore-source Technology. 2018. Vol. 270. Pp. 457–466. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.09.048
21. Zelentsov D.V., Chertes K.L., Tupicina O.V. Theoretical basis and experimental study of the aeration characteristics of the composting mixtures during the design and construction of the aeration system of the oily waste biodegradation complex // Procedia Engineering. 2016. Vol. 153. Pp. 903–908. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.223.
22. Быков Д.Е., Тупицына О.В., Гладышев Н.Г., Зеленцов Д.В., Гвоздева Н.В., Самарина О.А. и др. Комплекс биодеструкции нефтеотходов // Экология и промышленность России. 2011. № 3. С. 33–34.
23. Зеленцов Д.В., Тупицына О.В., Чертес К.Л., Пыстин В.Н. Обработка осадков нефтесодержащих сточных вод с применением принудительной высоконапорной аэрации // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2012. № 3 (7). С. 72–74. DOI: 10.17673/vestnik.2012.03.16
24. Ngo Thi Tuong Chau, Le Van Thien, Le Thi Tham Hong, Hiroyuki Futamata. Effect of using thermophilic bacteria as start inoculum on microbial aspect of pulp and paper mill sludge composting process // Chiang Mai Journal of Science. 2018. Vol. 45. Issue 7. Pp. 2623–2636. URL: http://it.science.cmu.ac.th/ejournal/journalDetail.php?journal_id=9656
25. Тупицына О.В., Гладышев Н.Г., Самарина О.А., Истомина Е.П., Чертес К.Л., Быков Д.Е. Геоэкологическая система и технологии ликвидации накопителей нефтеотходов с использованием станций аэрации // Экология и промышленность России. 2011. № 3. С. 39–41.
26. Awasthi M.K., Chen H., Wang Q., Liu T., Duan Y., Awasthi S.K. et al. Succession of bacteria diversity in the poultry manure composted mixed with clay: Studies upon its dynamics and associations with physicochemical and gaseous parameters // Biore-source Technology. 2018. Vol. 267. Pp. 618–625. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.07.094
27. Koyama M., Nagao N., Syukri F., Rahim A.A., Kamarudin M.S., Toda T. et al. Effect of temperature on thermophilic composting of aquaculture sludge: NH₃ recovery, nitrogen mass balance, and microbial community dynamics // Bioresource Technology. 2018. Vol. 265. Pp. 207–213. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.05.109
28. Chertes K., Tupitsyna O., Pystin V., Savelyev A., Martynenko E. Improvement of the system of inorganic waste recycling to man-made soils // MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 86. P. 06003. DOI: 10.1051/mateconf/20168606003
29. Быков Д.Е., Гладышев Н.Г., Чуркина А.Ю., Пыстин В.Н., Слесарев М.Ю. Разработка научных основ управления отходами предприятий химической и нефтехимической отрасли // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 4 (5). С. 886–892.
30. Пименов А.А., Васильев А.В. Методологические этапы создания технологий использования ресурсного потенциала отходов нефтегазовой отрасли // Безопасность жизнедеятельности. 2017. № 8 (200). С. 55–57.
31. Быков Д.Е., Мартыненко Е.Г., Савельев А.А., Тупицына О.В., Чертес К.Л. Освоение территорий, занятых массивами твердых коммунальных отходов // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 1. С. 8–13. DOI: 10.18412/1816-0395-2016-1-8-13

Поступила в редакцию 1 ноября 2018 г.

Принята в доработанном виде 17 декабря 2018 г.

Одобрена для публикации 28 декабря 2018 г.

О Б А В Т О Р А Х: **Зеленцов Данила Владимирович** — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, **Самарский государственный технический университет (СамГТУ)**, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244, dvzelentsov@mail.ru;

Тупицына Ольга Владимировна — доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии и промышленной экологии, **Самарский государственный технический университет (СамГТУ)**, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244, olgdtupicyna@yandex.ru;

Чертес Константин Львович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры химической технологии и промышленной экологии, **Самарский государственный технический университет (СамГТУ)**, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244, chertes2007@yandex.ru.

REFERENCES

1. Bulatov A.I., Makarenko P.P., Shemetov V.Yu. *Environment protection in oil and gas industry*. Moscow, Nedra Publ., 1997; 470. (rus.).
2. Ivanov V.G., Sirotkina E.E., Glazkov O.V., Glazkova E.A., Alekseev A.P., Volkova G.I. Purification of oily wastewater by adsorption. *Water treatment*. 2006; 11:14-17. (rus.).
3. Rocha C., Infante C. Enhanced oil sludge bioremediation by a biosurfactant isolated from *Pseudomonas aeruginosa* USB-CS1. *10th International Conference Global Impacts Applied Microbiology and Biotechnology. Elsinore, 6-12 August*. 1995; 115.
4. Francy D.S., Thomas J.M., Raymond R.L., Ward C.H. Emulsification of hydrocarbons by subsurface bacteria. *Journal of Industrial Microbiology*. 1991; 8(4):237-245. DOI: 10.1007/bf01576061
5. Bourlaka I.V., Bourlaka N.V., Bourlaka V.A., Klement'yev I.M., Rybkin D.M. Neutralization of oil-slimed soils filled by reduced crude as the measure of essential decrease in ecological load on environment. *Ecology and Industry of Russia*. 2008; 9:34-37. (rus.).
6. Tupitsyna O.V., Gladyshev N.G., Kuznetsova M.S., Pirozhkov D.A., Chertes K.L., Tarasova I.V. et al. Rehabilitation of the areas degraded through hazardous industries activities. *Ecology and Industry of Russia*. 2011; 3:30-32. (rus.).
7. Koronelli T.V. Microbiological degradation of hydrocarbons and its environmental effects. *Biological Sciences*. 1982; 3:5-13. (rus.).
8. Perry J.J. Microbial cooxidations involving hydrocarbons. *Microbiological Reviews*. 1979; 43:59.
9. Willson G.B. Forced aeration composting. *Water Science and Technology*. 1983; 15(1):169-180. DOI: 10.2166/wst.1983.0015
10. Turovskiy I.S. *Sewage sludge treatment*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1988; 256. (rus.).
11. Turovskiy I.S., Bukreeva T.Ye., Astakhova A.V. *Biothermal treatment of sewage sludge*. Moscow, TsBNTI USSR Ministry of Water Resources Publ., 1989; 60.
12. Lehtokary M. Composting of dewatered sewage sludge in a horizontal aerated bed reactor using compost recycle for moisture control. *Sludge Treatment and Disposal Problems and Options. Munich, May 22–25*. 1994; 158-164.
13. Epstein E.D. A forced aeration systems for composting wastewater sludge. *J. WPCF*. 1996; 4:688-694.
14. Tarakanov D.I. *Processing technology of oil-contaminated soils and sewage sludge for the purpose of their use as insulating materials in landfills for solid waste : abstract dis. ... cand. tech. of science: 05.23.04, 03.00.16*. Penza, 2001; 23. (rus.).
15. Yermakov V.V. *Classification of oil sludge collectors and forecasting the process of biodegradation of waste during their liquidation: abstract diss. ... cand. tech. of science*. Perm, 2010; 18. (rus.).
16. Chertes K.L., Bykov D.E., Tupitsyna O.V., Samarina O.A., Uvarova N.A., Istomina E.P., Shterenberg A.M. Biothermal intensive treatment sludge waste oil complex. *Ecology and Industry of Russia*. 2010; 3:36-39. (rus.).
17. Haug R.T. Sludge composting: a discussion of engineering principle. *Compost Science Journal of Waste Recycling*. 2001; 26(6):6-11.
18. Yu H., Xie B., Khan R., Shen G. The changes in carbon, nitrogen components and humic substances during organic-inorganic aerobic co-composting. *Bioresource technology*. 2018; 271:228-235. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.09.088
19. Yuan J., Li Y., Chen S., Li D., Tang H., Chadwick D. et al. Effects of phosphogypsum, superphosphate, and dicyandiamide on gaseous emission and compost quality during sewage sludge composting. *Bioresource Technology*. 2018; 270:368-376. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.09.023
20. Han Z., Sun D., Wang H., Li R., Bao Z., Qi F. Effects of ambient temperature and aeration frequency on emissions of ammonia and greenhouse gases from a sewage sludge aerobic composting plant. *Bioresource Technology*. 2018; 270:457-466. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.09.048
21. Zelentsov D.V., Chertes K.L., Tupicina O.V. Theoretical Basis and Experimental Study of the Aeration Characteristics of the Composting Mixtures During the Design and Construction of the Aeration System of the Oily Waste Biodegradation Complex. *Procedia*

Engineering. 2016; 153:903-908. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.223

22. Bykov D.E., Tupitsyna O.V., Gladyshev N.G., Zelencov D.V., Gvozdeva N.V., Samarina O.A. et al. Oil-waste biodegradation complex. *Ecology and Industry of Russia*. 2011; 3:33-34. (rus.).

23. Zelentsov D.V., Tupitsyna O.V., Chertes K.L., Pystin V.N. Processing of oil contained waste water sediments with use of forced high pressured aeration. *Urban construction and architecture*. 2012; 3(7):72-74. DOI: 10.17673/vestnik.2012.03.16 (rus.).

24. Ngo Thi Tuong Chau, Le Van Thien, Le Thi Tham Hong, Hiroyuki Futamata. Effect of Using Thermophilic Bacteria as Start Inoculum on Microbial Aspect of Pulp and Paper Mill Sludge Composting Process. *Chiang Mai Journal of Science*. 2018; 45(7):2623-2636. URL: http://it.science.cmu.ac.th/ejournal/journalDetail.php?journal_id=9656

25. Toupitsyna O.V., Gladyshev N.G., Samarina O.A., Istomina E.P., Chertes K.L., Bykov D.E. Geo-ecological system and technologies of termination of oil-waste collector ponds using aeration stations. *Ecology and Industry of Russia*. 2011; 3:39-41. (rus.).

26. Awasthi M.K., Chen H., Wang Q., Liu T., Duan Y., Awasthi S.K. et al. Succession of bacteria diversity in the poultry manure composted mixed with clay: Studies upon its dynamics and associations with physicochemical and gaseous parameters. *Bioresource*

Technology. 2018; 267:618-625. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.07.094

27. Koyama M., Nagao N., Syukri F., Rahim A.A., Kamarudin M.S., Toda T. et al. Effect of temperature on thermophilic composting of aquaculture sludge: NH₃ recovery, nitrogen mass balance, and microbial community dynamics. *Bioresource Technology*. 2018; 265:207-213. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.05.109

28. Chertes K., Tupitsyna O., Pystin V., Savelyev A., Martynenko E. Improvement of the system of inorganic waste recycling to man-made soils. *MATEC Web of Conferences*. 2016; 86:06003. DOI: 10.1051/mateconf/20168606003

29. Bykov D.E., Gladyshev N.G., Churkina A.Yu., Pystin V.N., Slesarev M.Yu. Development of scientific bases of the waste management of chemical and petrochemical industry. *News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016; 184(5):886-892. (rus.).

30. Pimenov A.A., Vasilyev A.V. Methodological stages of creating technologies for using the resource potential of the oil and gas industry waste. *Life safety*. 2017; 8(200):55-57. (rus.).

31. Bykov D.E., Martynenko E.G., Savelyev A.A., Tupitsyna O.V., Chertes K.L. Development of territories used as landfills for municipal solid waste. *Ecology and Industry of Russia*. 2016; 20(1):8-13. DOI: 10.18412/1816-0395-2016-1-8-13 (rus.).

Received November 1, 2018.

Adopted in a modified form on December 17, 2018.

Approved for publication December 28, 2018.

ABOUT THE AUTHORS: **Danila V. Zelentsov** — Candidate of Engineering Science, Associate Professor, Head of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair, **Samara State Technical University (Samara Polytech)**, 244 Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation, dvzelentsov@mail.ru;

Olga V. Tupitsyna — Doctor of Engineering Science, Professor of the Chemical Technology and Industrial Ecology Chair, **Samara State Technical University (Samara Polytech)**, 244 Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation, olgdtupitsyna@yandex.ru;

Konstantin L. Chertes — Doctor of Engineering Science, Professor of the Chemical Technology and Industrial Ecology Chair, **Samara State Technical University (Samara Polytech)**, 244 Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation, chertes2007@yandex.ru.