

УДК 502/504:628.3:631.8

М.М. ГАВРИЛОВ, А.А. ПИМЕНОВ, П.Е. КРАСНИКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» (СамГТУ), г. Самара, Российская Федерация

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО И АКТУАЛЬНОГО ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА МЕТОДА ПЕРЕРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

В результате очистки сточных вод образуется большой объем отходов, среди них самыми крупнотоннажными и опасными являются осадки сточных вод (ОСВ). Цель исследований – выявление наиболее выгодных и актуальных, направлений переработки и утилизации ОСВ, применение их на большей территории Российской Федерации. Рост ОСВ крайне негативно влияет на природную окружающую среду в районах, где они накапливаются и размещаются. Вопрос с выбором наиболее экологически безопасной, энерго и материалосберегающей технологии их переработки очень актуален. Способы переработки ОСВ могут быть сгруппированы в три направления. Первое направление – размещение ОСВ на полях фильтрации, иловых картах, размещение в геосредах, а также сжигание. Второе направление – использование высокотехнологического оборудования, позволяющего создавать из осадков сложные продукты, такие как биогаз, углеводороды, керамзит. Третье направление – наиболее перспективное, перерабатывать ОСВ в безопасные для окружающей среды продукты, такие как кормовая добавка и органические удобрения. Представлены сравнительные характеристики наиболее результативных способов переработки отходов.

Осадки сточных вод, биодеструкция, переработка осадков сточных вод, нетрадиционные удобрения.

Введение. Утилизация отходов жизнедеятельности человеческого общества относится к числу глобальных научно-технологических проблем, от степени решения которой во многом зависит экологическая обстановка на планете в целом.

Значительное место среди разнообразных отходов занимают осадки сточных вод, представленные биошламом и избыточным илом биологических очистных сооружений. Процесс формирования этих отходов – достаточно сложный технологический процесс, включающий в себя перенос материала по системе коллекторов, их накопление в стокоприемниках на станциях очистки и дальнейшую механическую, биологическую, химическую очистку, осаднение и обезвоживание. Получаемый биошлам и избыточные илы могут содержать большое количество органического вещества, азота, фосфора, калия, что дела-

ет возможным его применение в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения [1].

Химический состав осадков сточных вод (ОСВ), сильно варьируется и зависит от вида сточных вод (промышленные или бытовые сточные воды), способа их обработки, сезона накопления и т.д. Для ОСВ характерна загрязненность токсичными веществами, склонность к загниванию и зараженность патогенными микроорганизмами. В общей проблеме очистки сточных вод обработка осадков представляет собой наиболее сложный и еще окончательно не решенный вопрос. Если сточные воды после очистки возвращаются в кругооборот (водоем или повторное использование), то выделенные в процессе очистки осадки постоянно накапливаются, и проблема их размещения и удаления с каждым годом становится все более острой. В особенности это относится

к органическим осадкам станций биологической очистки бытовых и производственных сточных вод [2].

Общий объем осадков (ориентировочно) составляет (0,5-1%) – смеси сырого осадка и уплотненного активного ила от объема очищаемых сточных вод (средняя влажность 96,2%). При физико-химической очистке – объем осадка в 2,5 раза превышает количество осадков первичных отстойников (при средней влажности 95-96%) [1].

Большую проблему представляет сильная обводненность и высокая влажность осадка, а также присутствие в осадках тяжелых металлов и патогенных бактерий – возбудителей желудочно-кишечных и других заболеваний [3].

Объект исследования. Городские и производственные ОСВ – суспензии, выделяемые из сточных вод в процессе их механической, биологической, физико-химической и реагентной очистки. Вопросы обработки и утилизации осадков городских очистных сооружений актуальны для всех крупных водоканалов России и представляют серьезную проблему. Значительная часть их концентрируется на иловых площадках очистных сооружений, не оборудованных гидроизоляцией. Условия размещения ОСВ во многих случаях не соответствуют экологическим требованиям и принятым в мире стандартам [3].

Существуют различные виды осадков, различающиеся по составу и месту их образования. Так, в первичных отстойниках образуется сырой, включающий взвешенные вещества, осадок. Активный ил, задерживаемый во вторичных отстойниках после биологической очистки, под-

разделяется на циркулирующий, участвующий в биологической очистке, и избыточный, удаляемый из системы. В осветлителях-перегнивателях, двухъярусных отстойниках или метантенках образуется анаэробно-сброженный ил. В таких сооружениях, как аэротенки различных типов, образуется аэробно-стабилизированный активный ил. В сгустителях или уплотнителях – сгущенный или уплотненный активный ил [4].

В зависимости от технологии переработки и подготовки ИАИ на российских очистных сооружениях осадки делятся на следующие типы: термофильно-сброженный, мезофильно-сброженный, аэробно-стабилизированный. Каждый тип осадков делится на два вида: реагентные и безреагентные. По химической природе введенных флокулянтов осадки подразделяются на реагентные с неорганическими или органическими флокулянтами безреагентные осадки отличаются по способу хранения и утилизации (рис. 1) [5].

Формирование ОСВ представляет собой технологический процесс, включающий в себя перенос материала по системе коллекторов, их накопление в стокоприемниках на станциях очистки и дальнейшую механическую, биологическую, химическую очистку, осаждение и обезвоживание. Накапливаясь на иловых площадках, заполняя очистные сооружения и водоемы, переполняя пруды-накопители, осадки формируют крупные очаги загрязнения прилегающих территорий, поверхностных и подземных вод. По этой причине в настоящее время актуальными и нерешенными являются вопросы складирования, сортировки, переработки и утилизации осадков сточных вод [6,7].

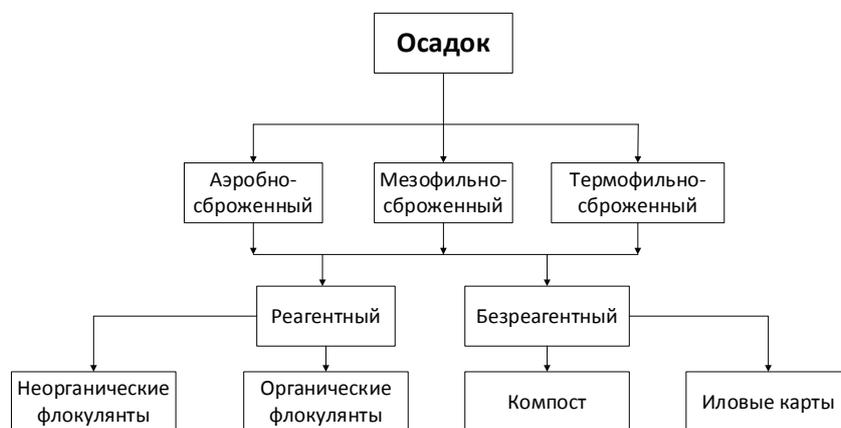


Рис. 1. Классификация осадков городских сточных вод в зависимости от способа их подготовки и методов переработки, актуальных в Российской Федерации

Химический состав ОСВ сильно варьируется и зависит от вида сточных вод (промышленные или бытовые сточные воды), способа их обработки, сезона накопления. Осадок может содержать большое количество органического вещества, азота, фосфора, калия, а также большое количество разнообразных микроэлементов. Это позволяет рассматривать данный отход в качестве вторичного материального сырья, в котором, однако, могут присутствовать растворимые

соли тяжелых металлов в высоких концентрациях, что делает ИАИ опасными для окружающей среды [8,9].

По содержанию основных питательных веществ, применяемые в качестве удобрения ОСВ зачастую превосходят навоз КРС (табл. 1).

В ОСВ, так же как и в навозе, содержатся биофильные микроэлементы, необходимые для роста и развития растений: медь, цинк, марганец, кобальт, молибден [10].

Таблица 1

Содержание питательных веществ в ОСВ и навозе

Показатели	ОСВ	Навоз КРС	Свиной навоз	Лошадиный навоз
1	2	3	4	5
Массовая доля органического вещества	64,7-30,0	21,3-20,8	26,4-25,1	25,4-23,2
Массовая доля азота %	0,91-0,6	0,5-0,45	0,45-0,20	0,58-0,47
Массовая доля фосфора %	1,52-0,7	0,25-0,23	0,20-0,19	0,28-0,21
Массовая доля калия %	1,67-0,1	0,6-0,5	0,6-0,3	0,63-0,47

Обработка ОСВ производится с целью получения конечного продукта, не наносящего ущерб окружающей среде или пригодного для дальнейшей утилизации. Это достигается при осуществлении трех основных процессов в различных технологических последовательностях:

- 1) Обезвоживания, обеспечивающего минимальный объем осадков;
- 2) Стабилизации, придающей осадкам способность не выделять контаминанты при длительном хранении;

3) Обеззараживания, обеспечивающего безопасность осадка по санитарно-бактериологическим показателям.

Конечным результатом данных технологических процессов является только обезвреживание отхода, с получением продукта, не востребованного на рынке. В случаях, когда утилизация ОСВ по техническим, экологическим или экономическим причинам нецелесообразна, ОСВ ликвидируются (сжигаются, депонируются). Принципиальная схема процессов обработки осадков приведена на рисунке 2.

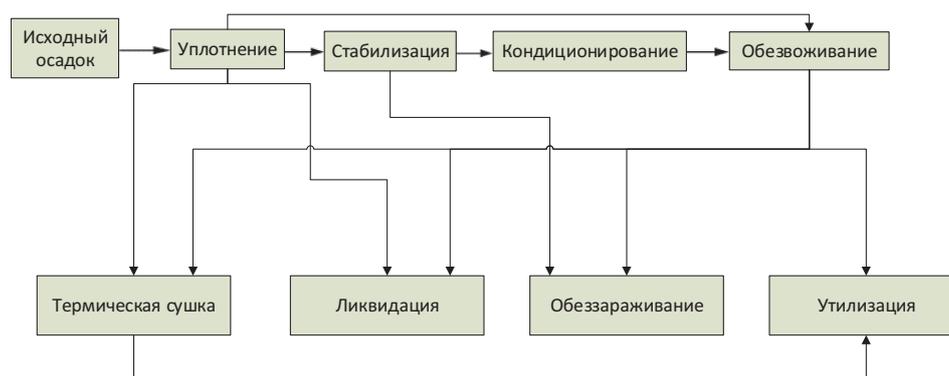


Рис. 2. Схема процессов обработки осадков сточных вод

В современных условиях рыночной экономики, совместно с обеспечением экологической безопасности для населения и территорий Российской Федерации необходимо выявить наиболее актуальные способы переработки осадков сточных вод с дальнейшим получением рыночно-

го продукта и его последующей реализацией.

Результаты поиска наиболее рационального способа переработки осадков сточных вод. Современные технологии позволяют избежать нерационального, энерго-, материалоемко-

го, экологически опасного процесса полной ликвидации ОСВ путем их сжигания или некалфицированного размещения в геосредах. Рациональное использование осадков подразумевает их утилизацию, с получением вторичных материальных ресурсов, применяемых в различных отраслях экономики.

В настоящее время разработаны технологии, позволяющие получать на основе ОСВ широкий спектр продукции:

1. *Биогаз*, получаемый в результате сбраживания ОСВ в анаэробных условиях, при этом брожение 1 т сухого органического вещества стоков позволяет произвести 350-500 м³ биогаза, который на 50-80% состоит из метана [11];

2. *Углеводороды*. Исследования, представленные в [12], показали, что из 1 тонны сухого осадка может быть получено в среднем 300 л углеводородов;

3. *Керамзит*. Осадки выступают в качестве добавки для создания оптимальных условий вспучивания легкоплавких глин, в состав сырьевой смеси для получения продукта может входить до 20% ОСВ [13];

4. *Кормовые добавки*. Показано [14], что при внесении 2-3% ОСВ к кормам сельскохозяйственных животных их привес возрастает на 20%;

5. *Сельскохозяйственные удобрения*. ОСВ обычно используются в качестве удобрения без какой-либо подготовки, дозировка зависит от химического состава осадков, свойств почв и предполагаемых культур, которые будут выращиваться на данном участке [14].

Биогаз, углеводороды и керамзит получают в результате термической обработки ОСВ. Основными достоинствами такой переработки является тот факт, что полученные продукты находят широкое применение в народном хозяйстве и могут быть востребованы на рынке. Однако получение данных продуктов традиционными методами зачастую оказывается более экономически выгодным. Так, при получении биогаза из ОСВ необходимы сложные и дорогостоящие системы очистки и обогащения полученного продукта для его дальнейшей транспортировки потребителю [15].

При получении углеводородов применяется энерго- и материалозатратная технология низкотемпературного пиролиза, которая уступает по производительности и качеству продуктов традиционному кре-

кенту углеводородного сырья. Данная технология является востребованной в некоторых странах, так в США компания Genifuel в партнёрстве с канадской Metro Vancouver к 2018 году построит опытно-экспериментальный завод стоимостью 6 миллионов долларов по низкотемпературному пиролизу ОСВ. Основанием для строительства такого предприятия послужил тот факт, что из 128 миллиардов литров неочищенных сточных вод, ежедневно образующихся в США, в перспективе возможно получать до 30 миллионов баррелей сырой нефти в год [16].

Осадок можно использовать в качестве органической добавки для производства керамзита, но не все ОСВ по своему химическому составу для этого пригодны, не говоря уже о необходимости затрат дополнительной тепловой энергии для снижения его влажности [15].

Подход к переработке ОСВ в кормовой продукт и сельскохозяйственные удобрения отличается от термических методов. Для его реализации не требуется высоких затрат энергии и материалов, дорогостоящего и сложного оборудования. Данные методы основаны на биологических процессах, протекающих благодаря взаимодействию ОСВ и х дополнительных компонентов.

В состав процесса производства кормовой добавки входит измельчение отходов целлюлозы, их перемешивание с осадками сточных вод, с последующей добавкой органических легко усваиваемых субстратов, и необходимых минеральных веществ. На этой основе образуется активная ассоциация микроорганизмов, которые гидролизуют инертную биомассу, усваивают азот и другие биоорганические соединения. Основную ассимиляцию биомассы осуществляют грибы, температура процесса находится в пределах 25-45°C. Таким образом дополнительное введение энергии не требуется [14].

Главным недостатком подобных методов переработки ОСВ в кормовую продукцию является высокое содержание растворимых форм солей тяжёлых металлов, что может приводить к превышению ПДК тяжёлых металлов и негативно отражаться на жизни и здоровье человека и животных.

Аналогичная проблема может возникнуть при использовании ОСВ в чистом виде в качестве удобрений. Однако известны [17, 18] способы и технологии, позволяющие

применять ОСВ для рекультивации нефтезагрязненных почв. Благодаря сочетанию таких компонентов, как органические отходы от сельскохозяйственного производства (навоз скота, лузга подсолнечника и т.п.), а так же кальцийсодержащего отхода, концентрация растворимых форм солей тяжелых металлов сокращается, что позволяет использовать техногенные грунты для повторного размещения в окружающей среде, бонитетный показатель полученной продукции не уступает естественным плодородным почвам [18].

Заключение

С учетом выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Осадок сточных вод является многокомпонентным и крупнотоннажным отходом, количество которого из года в год возрастает.

2. Неквалифицированное размещение ОСВ на территориях, не подготовленных для этого, влечет за собой ухудшение экологической и санитарно-гигиенической обстановки.

3. ОСВ содержат большие запасы азота, фосфора, калия и микроэлементов, которые являются ценными структурообразующими компонентами для окружающей среды.

4. Способы переработки ОСВ могут быть сгруппированы в три направления.

Первое направление включает в себя размещение ОСВ на полях фильтрации, иловых картах, размещение в геосредах, а также сжигание. К основным преимуществам данного направления относятся кажущаяся относительная дешевизна и простота процессов. Сейчас наиболее распространенным методом утилизации ОСВ в России является размещение отхода на полях фильтрации и иловых картах.

Второе направление подразумевает использование высокотехнологического оборудования, позволяющего создавать из осадков сложные продукты, такие как биогаз, углеводороды, керамзит. Главным достоинством данного направления является возможность получения востребованного в экономике целевого продукта, при этом дороговизна и сложность оборудования, высокая энергоемкость производства продуктов по сравнению с традиционными методами препятствует широкому применению подобных технологий.

Третье направление, по мнению авторов, является наиболее перспективным, поскольку позволяет без больших материальных и энергетических затрат перерабатывать ОСВ в безопасные для окружающей среды продукты, такие как кормовую добавку и органические удобрения. Распространение данных технологий ограничено присутствием в ОСВ растворимых форм солей тяжелых металлов.

Библиографический список

1. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. М: «Мир», 2006. 479 с.
2. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М: Изд-во «АСВ». 2004. 702 с
3. Мерзлая Г.Е. Экологическая оценка осадка сточных вод. // Химия в сельском хозяйстве. 1995. № 4. С. 38-42.
4. Benjamin Wiechmann, Claudia Dienemann, Dr. Christian Kabbe, Simone Brandt, Dr. Ines Vogel, Dr. Andrea Roskosch Sewage sludge management in Germany / 2015. 104 с.
5. Храменков С.В., Пахомов А.Н., Данилович Д.А. Развитие московской канализации. М.: Можайск-Терра, 2003, 328 с.
6. Чебакова И.Б. Очистка сточных вод: Учебное пособие. Омск: изд-во ОмГТУ, 2001. 84 с.
7. Кочуров Б.И. География экологических ситуаций: экодиагностики территорий. М.:1997, 156 с.
8. Орлов Д.С., Амосова Я.М., Садовникова Л.К., Якименко О.С., Андропова Л.А., Бенедиктова А.И. Удобрения из коры, лигнина и осадков сточных вод: получение, свойства, применение. // Новости науки и техники. Серия Биология. М: ВИНТИ РАН, 1997. 56 с.
9. Касатиков В.А., Касатикова С.М., Сабуров С.В. Накопление тяжелых металлов в почве при внесении осадков городских сточных вод. // Агрохимия. 1994. № 1. С. 70-75.
10. Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е. Методические рекомендации по изучению эффективности нетрадиционных органических и органоминеральных удобрений. М.: Агроконсалт, 2000. – 40 с.
11. Электронный ресурс (<http://ru-ecology.info>) 03.05.17
12. Янин Е.П. Сжигание осадков городских сточных вод (проблемы и способы). // Ре-

сурсосберегающие технологии, 2006, № 24, С. 3-29.

13. **Картушина Ю.Н., Полозова И.А., Ананьев Д.С.** Определение оптимального соотношения исходных компонентов в сырьевой смеси для производства керамзита с использованием осадка после биологической очистки сточных вод. // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4.

14. **Пахненко Е.П.** Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 311 с.

15. **Седнин В.А., Седнин А.В., Прокопья И.Н., Шимукович А.А.** Анализ факторов, влияющих на производство биогаза при сбраживании осадка сточных вод. // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ – Энергетика: научно-технический и производственный журнал. 2009. № 5. С. 49-58.

16. Электронный ресурс (<http://www.dal.by/news>) 03.05.17

17. **Гаврилов М.М., Красников П.Е., Пименов А.А.** Метод снижения концентрации растворимых форм тяжелых металлов в осадках сточных вод – вторичного материального ресурса для производства оригинального органического удобрения. / Приоритетные направления развития науки и технологий, доклады XX международной научно-технической конференции.

Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2016. 46-47 с.

18. **Бурлака В.А., Бурлака Н.В., Ищенко Е.П., Коцюбинская Е.П.** Обезвреживание замазученных грунтов и нефтешламов. / Научно-практическая конференция: «Инновационные решения проблем вторичных ресурсов». Самара. Сам. гос. тех. университет, 2012. 8-9 с.

Материал поступил в редакцию 22.06.2017 г.

Сведения об авторах

Гаврилов Михаил Михайлович, аспирант кафедры «Химия и технология органических соединений азота»; ФГБОУ ВО СамГТУ; 443100, г. Самара, ул. Первомайская, 1; тел. 89276916397; e-mail: gavriloff.mikhail@yandex.ru

Пименов Андрей Александрович, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой «Химия и технология органических соединений азота», ФГБОУ ВО СамГТУ; 443100, г. Самара, ул. Первомайская, 1; тел. 89276916397; e-mail: chemtonc@gmail.com

Красников Павел Евгеньевич, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник кафедры «Химия и технология органических соединений азота»; ФГБОУ ВО СамГТУ; 443100, г. Самара, ул. Первомайская, 1; тел. 89276916397; e-mail: chemtonc@gmail.com

M.M. GAVRILOV, A.A. PIMENOV, P.E. KRASNIKOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Samara state technical university» (SamGTU), Samara, the Russian Federation

CHOICE OF THE MOST OPTIMAL AND ACTUAL FOR AGRICULTURE METHOD OF WASTEWATER SLUDGE TREATMENT

As a result of wastewater treatment a large volume of waste is generated, among them the most large-tonnage and dangerous are wastewater sludge (WWS). The aim of investigations is to reveal the most profitable and urgent directions of WWS treatment and utilization, their application in the large territory of the Russian Federation. WWS growth has a negative effect on the natural environment where they accumulate and locate. The problem with the choice of the most environmentally safe, energy and material efficient technology of its treatment is very urgent. WWS treatment can be classified in three directions. The first direction is placement of WWS on the fields of filtration, sludge maps, placing in geo media as well as burning. The second direction – using highly technological equipment allowing producing such products from sludge as biogas, hydrocarbons, claydite. The third direction is the most perspective – to treat WWS into environmentally safe products like forage additives and organic fertilizers. Comparative characteristics of the most efficient methods of waste treatment are presented.

Wastewater sludge, biodegradation, wastewater sludge treatment, non-traditional fertilizers.

References

1. **Hentse M., Armoes P., Lya-Kur-Yansen I., Arvan E.** Ochistka stochnyh vod. M: «Mir», 2006. 479 s.
2. **Yakovlev S.V., Voronov Yu.V.** Vodootvedenie i ochistka stochnyh vod. M: Izd-vo «ASV». 2004. 702 s
3. **Merzlaya G.E.** Ecologicheskaya otsenka osadka stochnyh vod. // Himiya v sel'skom hozyajstve. 1995. № 4. S. 38-42.
4. **Benjamin Wiechmann, Claudia Dienemann, Dr. Christian Kabbe, Simone Brandt, Dr. Ines Vogel, Dr. Andrea Roskosch** Sewage sludge management in Germany / 2015. 104 c.
5. **Hramenkov S.V., Pahomov A.N., Danilovich D.A.** Razvitie moscovskoj kanalizatsii. M.: Mozhaisk-Terra, 2003, 328 s.
6. **Chebakova I.B.** Ochistka stochnyh vod: Uchebnoe posobie. Omsk: izd-vo OmGTU, 2001. 84 s.
7. **Kochurov B.I.** Geografiya ecologicheskikh situatsij: ecodiagnostiki territorij. M.:1997, 156 s.
8. **Orlov D.S., Amosova Ya.M., Sadovnikova L.K., Yakimenko O.S., Andronova L.A., Benediktova A.P.** Udobreniya iz kory, lignin i osadkov stochnyh vod: poluchenie, svojstva, primenenie. // Novosti nauki I tehniki. Seriya Biologiya. M: VINITI RAN, 1997. 56 s.
9. **Kasatkov V.A., Kasatikova S.M., Saburov S.V.** Nakoplenie tyazhelyh metallov v pochve pri vnesenii osadkov gorodskih stochnyh vod. //Agrokhimiya. 1994. № 1. S. 70-75.
10. **Afanasjev R.L., Merzlaya G.E.** Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu effektivnosti netraditsionnyh organicheskikh i organomineralnyh udobrenij. M.: Agroconsult, 2000. 40 s.
11. Electronny resurs (<http://ru-ecology.info>) 03.05.17
12. **Yanin E.P.** Szhiganie osadkov gorodskih gorodskih stochnyh vod (problemy i sposoby). // Resursosberagayushchie tehnologii, 2006, № 24, S.3-29.
13. **Kartushina Yu. N., Polozova I.A., Ananjev D.S.** Opredelenie optimlnogo sootnosheniya ishodnyh komponentov v syrjevoj smesi dlya proizvodstva keramzita s ispolzovaniem osadka posle biologichaskoh ochistki stochnyh vod. // Inzhenerny vestnik Dona. 2014. № 4.
14. **Pahnenko E.P.** Osadki stochnyh vod i drugie netraditsionnye organicheskie udobreniya. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2007. 311 s.
15. **Sednin V.A., Prokopenya I.N., Shimukovich A.A.** Analiz factorov, vliyayushchih na proizvodstvo biogaza pri sbrazhivanii osadka stochnyh vod. // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij i energeticheskikh objedinenij SNG – Energetika: nauchno-tehnicheskij i proizvodstvenny zhurnal. 2009. № 5. S. 49-58.
16. Electronny resurs (<http://www.dal.by/news/>) 03.05.17
17. **Gavrilov M.M., Krasnikov P.E., Pimenov A.A.** Metod snizheniya kontsentratsii rastvorimyh form tyazhelyh metallov v osadkah stochnyh vod – vtorichnogo materialjnogo resursa dlya proizvodstva originaljnogo organicheskogo udobreniya. / Prioritetnye napravleniya razvitiya nauli i tenologij, doklady XX mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii. Tula: Izd-vo «Innovatsionnye tehnologii», 2016. 46-47 cs
18. **Buralaka V.A., Buralaka N.V., Ishchenko E.P., Kotsubinskaya E.P.** Obezvrezhivanie zamazuchennyh gruntov i nefteshlamov. / Nauchno-practicheskaya konferentsiya: «Innovatsionnye resheniya problem vtorichnyh resursov». Samara. Sam. gos. teh. universitet, 2012. 8-9 s.

The material was received at the editorial office 22.06.2017

Information about the authors

Gavrilov Mihail Mihailovich, postgraduate student of the chair «Chemistry and technology of organic compaounds of nitrogen»; FSBEI HE SamGTU; 443100, Samara, ul. Pervomajskaya, 1; tel. 89276916397; e-mail: gavriloff.mikhail@yandex.ru

Pimenov Andrej Alexandrovich, candidate of chemical sciences, associate professor, head of the chair «Chemistry and technology of organic compaounds of nitrogen»; FSBEI HE SamGTU; 443100, Samara, ul. Pervomajskaya, 1; tel. 89276916397; e-mail: chemtonc@gmail.com

Krasnikov Pavel Yevgenjevich, leading researcher of the chair «Chemistry and technology of organic compaounds of nitrogen»; FSBEI HE SamGTU; 443100, Samara, ul. Pervomajskaya, 1; tel. 89276916397; e-mail: chemtonc@gmail.com