

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ / BRIEF COMMUNICATIONS

Оригинальная статья / Original article

УДК 504.064.47

DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-1-184-188

ПЕРЕРАБОТКА ИЛОВОГО ОСАДКА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

© С.В. Гунич\*, Е.В. Янчуковская\*\*, Н.И. Днепровская\*\*

\* АО «Инновационно-технологические системы»,  
Российская Федерация, 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 9.

\*\* Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

*Одним из главных источников загрязнений земельных и водных объектов являются канализационные системы. Недостатки старых технологий переработки иловых осадков сточных вод – дорогие реагенты, высокое энергопотребление и образование взрывчатых газов. Рассмотрена возможность переработки илового осадка очистных сооружений на экспериментальной установке СВЧ-термолиза с целью его утилизации и получения товарных продуктов. Установка входит в состав действующего мусороперерабатывающего завода. Проведено определение технологических параметров, составлен материальный баланс процесса. Использование СВЧ-излучения сокращает время разложения осадка по сравнению с традиционным способом, уменьшает объем утилизируемого вещества, обезвреживает и очищает его от патогенных микроорганизмов. Получаемый углеродный остаток может быть использован как топливо, или как строительно-дорожный материал. Действующая система газоочистки делает процесс экологически безопасным.*

*Ключевые слова: иловый осадок, переработка, опытная установка, СВЧ-термолиз, реактор, газоочистка, экологическая безопасность.*

**Формат цитирования:** Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. Переработка илового осадка очистных сооружений // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7, N 1. С. 184–188. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-1-184-188

PROCESSING OF SLUDGE TREATMENT FACILITIES

© S.V. Gunich\*, E.V. Yanchukovskaya\*\*, N.I. Dneprovskaya\*\*

\*Society “Innovative technological systems”,  
9, Verhnyaya Krasnoselskaya St., Moscow, 107140, Russian Federation.

\*\*Irkutsk National Research Technical University,  
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation.

*Sewage systems are one of the main sources of pollution of land and water bodies. Expensive reagents, high energy consumption and formation of explosive gases are disadvantages of old technologies of processing of sludge waste water. The article examines the possibility of processing of sludge treatment facilities at the pilot plant microwave thermolysis for the purpose of its utilization and obtaining of commodity products. The installation is part of the existing plant for the processing of waste. Determination of technological parameters is carried out, the material balance of the process is composed. The use of microwave radiation shortens the time of decomposition of the sludge compared to the traditional method, reduces the volume of recyclable substances, neutralizes and clears it from pathogens. The resulting carbon residue can be used as fuel or as road construction material. The current system of gas treatment makes the process environmentally safe.*

*Keywords: sludge, processing, pilot plant, microwave thermolysis, reactor, gas cleaning, ecological safety*

**For citation:** Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I. Processing of sludge treatment facilities. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2017, vol. 7, no 1, pp. 184–188. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-1-184-188 (in Russian)

**ВВЕДЕНИЕ**

Отходы, образующиеся в виде илового осадка после очистки сточных вод, являясь проблемой городов, затрагивают технический и социально-экологический аспекты из-за:

- отсутствия надежных технологий, позволяющих полностью их обезвредить и переработать в полезные для человека продукты;
- огромной площади под хранение иловых осадков;
- заражения почвы и вод бактериями, а воздуха – газами.

Целью данного исследования является выявление возможности переработки илового осадка на установке СВЧ-термолиза, предназначенной для утилизации твердых бытовых и других видов отходов производства и потребления, с воздействием электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона на обрабатываемый материал.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

Осадок сточных вод городских канализационных очистных сооружений представляет собой многокомпонентную увлажненную органоминеральную смесь, состоящую примерно в равных долях из осадка первичных отстойников (минеральных частиц, грунта, песка) и избыточного активного ила азротенков (органического вещества).

На опытно-полупромышленной установке СВЧ-термолиза производительностью 100 кг/сут отходов в составе мусороперерабатывающего завода ООО «Комэк» (г. Тамбов) [1] было проведено экспериментальное определение технологических параметров и составлен материальный баланс процесса утилизации осадка (таблица). В качестве сырья был отобран обезвоженный иловый осадок канализационных очистных сооружений ОАО «Тамбов водоканал».

Свойства поступившего на переработку осадка сточных вод:

- содержание активного ила – 50%;
- содержание осадка первичных отстойников – 50%;
- влажность – 80% (осадок после мехобезвоживания на фильтр-прессах);

– удельный вес – 1130 кг/м<sup>3</sup>.

Основной аппарат установки – реактор СВЧ-термолиза [2], который состоит из внутренней рабочей камеры шириной 300 мм, соединенной с СВЧ-генератором через радиопроницаемый волновод. Камера обогревается теплом сгорания топливного газа на горелке. Реактор футерован огнеупорными блоками, закрепленными на металлокаркасе, оборудован загрузочным и разгрузочным штуцерами, соединен газовым коллектором с системой фракционирования и возврата газообразных продуктов термолиза на горелки для сжигания в камере сгорания реактора. В системе фракционирования происходит охлаждение газообразных продуктов термолиза иловых осадков и конденсация жидких углеводородных смол, направляемых через отпарную колонну в приемную емкость.

Продукты сгорания топлива в реакторе термолиза (дымовые газы) откачиваются дымососом в систему газоочистки, где последовательно проходят стадию каталитической очистки в адсорбере и стадию мокрой очистки в газопромывателях. В качестве катализатора используется муллитовое волокно с активированным углем и частицами оксида меди.

На данной стадии из потока дымовых газов улавливаются полиароматические и хлорорганические соединения (сажа, бензапирены, фураны, диоксиноподобные вещества). Для мокрой очистки дымовых газов применяется 10%-й водный раствор карбамида, щелочи и гашеной извести (известкового молока), в результате чего дымовые газы очищаются от «кислых газов» (оксидов серы, азота, углерода). Очищенные и охлажденные дымовые газы по вентканалу выбрасываются в атмосферу.

Исходный осадок сточных вод в количестве 40 кг загружали в печь СВЧ-термолиза без предварительного измельчения и сушки; объем загрузки печной камеры составил 50%. Процесс проводился в течение 8 ч при максимальной температуре 900 °С, скорость нагрева составила 300 °С/ч. Частота СВЧ-излучения была равна 2450 МГц, режим облучения – непрерывный.

**Материальный баланс процесса**

Приход, кг	Выход продуктов переработки, кг		
Осадок сточных вод	Выпаренная влага (вода)	Углеродно-шлаковый остаток	Синтез-газ
40	25	11,2	3,8
	Итого 40		

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При температуре выше 300 °С осадок сточных вод в печи СВЧ-термолиза без доступа воздуха разлагается на углеродный остаток (смесь пироуглерода и минеральных компонентов осадка отстойников) и горючий синтез-газ (смесь летучих веществ: окиси углерода, водорода и сернисто-углеводородных газов).

При температуре 120–300 °С наблюдалось активное выделение водяных паров (сушка материала), их конденсация происходила в колонне фракционирования при температуре 60–70 °С.

Полученный конденсат является жидким отходом процесса СВЧ-термолиза, представляет собой негорючую жидкость темного цвета без запаха и содержит выпаренную воду, частицы механических примесей и термолизных смол и подлежит возврату на очистные сооружения на этап биологической очистки.

С повышением температуры увеличивается выход и напор синтез-газа. Синтез-газ барботирует через слой воды в колонне фракционирования и после осушки и очистки направляется на дожигание в печь СВЧ-термолиза в качестве топлива. Выходы продуктов СВЧ-термолиза от исходной массы осадка: пироге-нетическая вода – 62,5%; углеродный остаток – 28%; синтез-газ – 9,5%.

### ВЫВОДЫ

Предлагаемая технология термолизной переработки позволяет качественно утилизировать обезвоженные иловые осадки город-

ских канализационных очистных сооружений. Объем исходного осадка – 0,035 м<sup>3</sup>, полученный объем углеродного остатка составил 0,005 м<sup>3</sup>. Объем утилизируемого вещества при первоначальной влажности 80% уменьшается в 6–7 раз. Масса вещества сокращается в 4–5 раз в зависимости от содержания минеральных примесей.

Применяемая обработка осадка в поле СВЧ-излучения, в отличие от традиционного способа нагрева<sup>1</sup>, сокращает время разложения осадка (в зависимости влажности исходного материала) с 20–30 ч в устройствах-аналогах (конвективных барабанных сушилках) до 10–12 ч.

В результате высокотемпературной обработки исходный осадок, как показали результаты биотестирования Центра лабораторного анализа и технических измерений<sup>2</sup>, обезвреживается до 5 класса опасности и очищается от патогенных микроорганизмов, примесей тяжелых металлов и склонных к гниению и слипанию компонентов.

Получаемый в процессе переработки иловых осадков углеродный остаток является отходом производства. В зависимости от содержания минеральных примесей (от первичных отстойников) в исходном осадке, углеродный остаток может быть использован как топливо [3] на выработку тепловой энергии для нужд очистных сооружений, либо может быть захоронен на полигонах ТБО или использован как инертный материал-подсыпка в строительном-дорожных работах (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Иловый осадок очистных сооружений, поступивший на переработку

<sup>1</sup>Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Шехирев Д.В. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе): учебник. М.: ГОУ ВПО МГУС, 2006. 410 с.

Shubov L.Ya., Stavrovskii M.E., Shekhirev D.V. *Tekhnologiya otkhodov (Tekhnologicheskie protsessy v servise)* [Waste technology (Processes in service)]. Moscow, GOUVPO MGUS Publ., 2006, 411 p.

<sup>2</sup>Протокол результатов биотестирования ФСЭТАН ФБУ «ЦЛАТИ» N 85 от 25.03.13. Protokol rezul'tatov biotestirovaniya FSETAN FBU " TsLATI ", no. 85, 2013.



Рис. 2. Углеродный остаток термолиза иловых осадков

Благодаря наличию системы газоочистки рассматриваемый процесс является техниче-

ски надежным и экологически безопасным.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. Экспериментальное определение выхода веществ и оценка перспективности СВЧ-термолиза твердых бытовых отходов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2013. N 1 (4). С.112–115.
2. Пат. N 2013126238, Российская Федерация. Способ переработки бытовых и производственных отходов в печное топливо и углеродное вещество и устройство для его осу-

ществления / С.В. Гунич, Т.И. Малышева; заявитель и патентообладатель С.В. Гунич, Т.И. Малышева. Бюлл. N 35 от 20.12.14.

3. Гунич С.В., Дьячкова С.Г., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. Состав углеродного остатка при утилизации несортированных твердых бытовых отходов методом СВЧ-термолиза // Химическая технология. 2014. N 9. С. 572–575.

#### REFERENCES

1. Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I. Experimental determination of the substances yield and Prospects of municipal solid waste microwave thermolysis. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Higher School, Applied Chemistry and Biotechnology]. 2013, no. 1(4), pp. 112–115. (in Russian)
2. Gunich S.V., Malysheva T.I. *Sposob pererabotki bytovykh i proizvodstvennykh otkhodov v pechnoe toplivo i uglerodnoe veshchestvo i*

*ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Method of processing of domestic and productive wastes in the stove fuel and carbon substance and device for his realization]. Patent of RF no. 2013126238, 2014.

3. Gunich S.V., D'yachkova S.G., Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I. Composition of carbon residue in the disposal of unsorted municipal solid waste by microwave thermolysis. *Khimicheskaya tekhnologiya* [Chemical technology]. 2014, no. 9, pp. 572–575. (in Russian)

#### Критерии авторства

Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

#### Contribution

Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Gunich S.V., Yanchukovskaya E.V., Dneprovskaya N.I. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**  
**Принадлежность к организации**

**Сергей В. Гунич**

АО «Инновационно-технологические системы»,  
Российская Федерация, 107140, г. Москва,  
ул. Верхняя Красносельская, 9,  
Генеральный директор  
e.t.systems@mail.ru

**Елена В. Янчуковская**

Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск,  
ул. Лермонтова, 83  
К.т.н., доцент  
lenyan@istu.edu

**Наталья И. Днепровская**

Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск,  
ул. Лермонтова, 83  
Аспирант  
nataliladyvip@mail.ru

**AUTHORS' INDEX**  
**Affiliations**

**Sergei V. Gunich**

Society «Innovative technological systems»,  
9, Verkhnyaya Krasnoselskaya St., Moscow,  
107140, Russian Federation  
Director General  
e.t.systems@mail.ru

**Elena V. Yanchukovskaya**

Irkutsk National Research Technical University,  
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,  
Russian Federation  
Associate Professor  
lenyan@istu.edu

**Natalia N. Dneprovskaya**

Irkutsk National Research Technical University,  
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,  
Russian Federation  
Postgraduate Student  
nataliladyvip@mail.ru

**Поступила 28.02.2017**

**Received 28.02.2017**