

комендовать сорбенты на основе скорлупы абрикосовой косточки в качестве адсорбционных материалов для очистки водных сред от нефти и нефтепродуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов, А.А. Экология переработки углеводородных систем. – М.: Химия, 2002. – 168 с.
2. Климов Е.С., Бузаева М.В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 201 с.
3. Лимонов Н.В., Оконцев В.Ф., Глушанков Л.В., Солнцев В.В. Карбонизация полимеров // Журнал прикладной химии. – 1994. – Т. 67. – № 10. – С. 1648–1650.
4. Сергиенко В.И., Земнухова Л.А., Егоров А.Г., Шкорина Е.Д. Возобновляемые источники химического сырья: комплексная переработка отходов производства риса и гречихи // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2004. – С. 116–124.

УДК 628.114

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. МИНСКА

Гуринович Анатолий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, профессор, Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь, г. Минск, gurik@bk.ru

Романовский Валентин Иванович, кандидат технических наук, старший преподаватель, Белорусский государственный технологический университет, Республика Беларусь, г. Минск, V.Romanovski@yandex.ru

Бахмат Андрей Борисович, магистрант экономических наук, старший преподаватель, Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь, г. Минск, newbasik@rambler.ru

Представлены результаты обоснования экономической эффективности вложений инвестиций в технологию утилизации осадков сточных вод (далее ОСВ), образующихся на городских очистных сооружениях с организацией производства альтернативного топлива из них, доставкой и использованием его в производстве цементного клинкера. В качестве альтернативных вариантов для сравнения рассмотрены: размещение осадков на иловых прудах, термофильное сбраживание, сжигание, высокотемпературная сушка с последующим сжиганием.

Ключевые слова: осадок сточных вод; использование; утилизация; вторичные материальные ресурсы; ресурсосбережение; импортозамещение.

FEASIBILITY STUDY FOR AREAS OF TREATMENT PLANTS SLUDGE DISPOSAL IN MINSK

Ramanouski V.I., Hurynovich A.D., Bakhmat A.B.

The results of justification the cost-effectiveness of investing in technology utilization of sewage sludge formed on municipal wastewater treatment plants with the organization of production of alternative fuels from them, delivery and use it in the production of cement clinker. As alternative variants examined for comparison: placement of sewage sludge on the sludge beds, thermophilic fermentation, incineration, high-temperature drying followed by combustion.

Keywords: sewage sludge; use; secondary raw materials; resource conservation; import substitution.

Введение. Осадки сточных вод – сложная многокомпонентная система, состоящая из органической и минеральной части. В осадках сточных вод содержится большое количество микроорганизмов, в том числе патогенных, токсичные соединения, особенно ионы тяжёлых металлов (Co, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn и др.). Вместе с тем осадки сточных вод являются ценным сырьем, которое может быть вовлечено в хозяйственный оборот.

Традиционными (не считая предварительной обработки) методами использования канализационных осадков являются (в порядке уменьшения приоритета):

- компостирование и использование в качестве сельскохозяйственного удобрения;
- анаэробное сбраживание с получением биогаза;
- сжигание;
- захоронение.

Цель работы – обосновать экономическую эффективность вложений инвестиций в технологию утилизации ОСВ с организацией производства альтернативного топлива из них, доставкой и использованием его в производстве цементного клинкера на ОАО «Белорусский цементный завод».

Объектом исследований в работе были осадки очистных сооружений канализации, образующиеся при очистке смеси хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий, и предприятий по производству химических волокон.

Идея полной утилизации ОСВ обусловлена постоянно растущими в последние годы объемами их захоронения. В Беларуси в пересчете на сухое вещество ежегодно образуется 180–197 тыс. т осадков сточных вод, из которых в народном хозяйстве используют 4–5 %. В основном ОСВ складировуют и хранят на территории очистных сооружений, что оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

Ежедневно на сооружениях очистки сточных вод г. Минска образуется более 4000,0 м³/сутки сырого осадка, а после механического обезвоживания объем осадка (кека) составляет 700–750 т (при влажности 79–80 %). Обезвоженный ОСВ вывозится на захоронение (временное складирование) на иловое хозяйство «Волма», расположенное в районе д. Синило. Общий объем захороненных осадков уже составил более 5,0 млн. м³ и представляет значительную экологическую опасность для окружающей среды. В Европейском Союзе с 2013 года запрещено захоронение ОСВ. Вопрос дальнейшего захоронения ОСВ г. Минска представляет одну из острых нерешенных проблем т.к. объекты захоронения находятся на территории Минской области и занимают значительные площади.

Рассматриваемые варианты о предоставлении земельного участка для строительства новых прудов-накопителей и возможности захоронения ОСВ в бывшем карьере на территории Минской области было отклонено Миноблисполкомом по причине значительной нагрузки на окружающую среду, расположения его в зоне поверхностного водосбора и частично в границах водоохранных зон, а также по причине расположения в санитарно-защитной зоне сибиреязвенного очага.

В ближайшие 2–3 года ОСВ будут вывозиться на вновь построенный иловый пруд №17, вопрос дальнейшего размещения места захоронения осадков остается открытым.

Одной из основных проблем использования ОСВ г. Минска является наличие в них тяжелых металлов и других высокотоксичных соединений.

Актуальность реализации проекта определена согласно статье 4 Закона Республики Беларусь «Об обращении с отходами» основными принципами в области обращения с отходами являются:

- приоритетность использования отходов по отношению к их обезвреживанию;
- приоритетность обезвреживания отходов по отношению к их захоронению.

Материалы и методы исследования. Для обоснования выбора варианта направления использования осадков сточных вод был определен ряд технико-экономических показателей и показателей воздействия на окружающую среду. Анализ вариантов был произведен методом ранжирования с использованием весовых коэффициентов (коэффициентов значимости). По каждому критерию приведены средние значения результатов ранжирования, выполненных отдельными экспертами. В качестве экспертов выступали специалисты БГТУ, БНТУ, БрГТУ и БелГУТ.

Результаты исследования. Сравнительный анализ эффективности технических решений по утилизации ОСВ г. Минска был проведен для двух альтернативных вариантов (рисунков 1).

Критерии	Иловые пруды (существующий вариант)	Вариант 1			Вариант 2
		Термофильное сбраживание с получением биогаза	Сжигание		
			Без сушки	С сушкой	
Количество перерабатываемого осадка	275 891 т/год	730 000 м ³ /год	275 891 т/год	275 891 т/год	Высокотемпературная сушка со сжиганием в цементных печах
Количество отходов после переработки	275 891 т/год	657 000 м ³ /год Сброженный осадок	15 600 т/год	15 600 т/год	-
Дополнительные расходы	Требуется строительство иловых прудов	Требуется природный газ	Требуется природный газ, затраты на захоронение токсичной золы	Требуется сушка осадка, затраты на захоронение токсичной золы	Требуется сушка осадка и доставка на цементные заводы
Количество получаемого альтернативного топлива	Нет	Биогаз Q=22.34 МДж/м ³ х х11,3 млн.м ³ /год = =252442000 МДж	Нет	Нет	61 000 т/год 61.000 т/год х 14,3 МДж/кг = =872.300.000 МДж
Недостатки	Отчуждение земель	Не решает проблему утилизации. Необходим природный газ для сжигания биогаза (2.1) т.е. дополнительно 20-25 млн. м ³ /год	Не решает проблему полной утилизации	Не решает проблему полной утилизации	Требуется природный газ
Преимущества	-	Не требуется предварительное обезвоживание осадка	-	-	100% утилизация осадков: использование осадков в качестве альтернативного топлива; в 2,2-2,8 раза меньше капитальные затраты в сравнении с биогазовой установкой и последующим сжиганием
Воздействие на окружающую среду	Отчуждение земель, загрязнение грунтовых вод (тяжелые металлы и др.)	Отчуждение земель для размещения сброженного осадка, загрязнение грунтовых вод (тяжелые металлы и др.)	Выбросы загрязняющих веществ, образование золы, с высокой концентрацией тяжелых металлов	Выбросы загрязняющих веществ, образование золы, с высокой концентрацией тяжелых металлов	Значительно меньшие выбросы загрязняющих веществ в сравнении со сжиганием осадка
Инвестиционные затраты (без НДС)	-	28 млн. евро	42,86 млн. евро	27,854 млн. евро	25,240 млн. евро
Результаты экспертной оценки	-	Суммарные капитальные затраты составят 56-71 млн. евро			12,5/1,8
		8,5/1,2			

Рисунок 1 – Анализ вариантов использования осадков сточных вод

Вариант 1 – термофильное сбраживание с получением биогаза и последующим сжиганием сброженного осадка, предлагаемая фирмой STRABAG;

Вариант 2 – высокотемпературная сушка с последующим использованием осадка в производстве цемента – фирмой VOMM.

Так вариант строительства биогазовых установок на Минских очистных сооружениях не обеспечивает соблюдение природоохранного законодательства Республики Беларусь, поскольку ставит целью только производство электроэнергии и не учитывает то обстоятельство, что биогаз в технологии анаэробного брожения является побочным продуктом процессы анаэробного сбраживания относятся к обезвреживанию отхода и оправданы только при использовании сброженного осадка в качестве безопасного и высококачественного удобрения.

Особую опасность представляет наличие в осадке Минских очистных сооружений солей тяжелых металлов, ядов, химикатов и прочих высокотоксичных соединений т.к. данный факт практически полностью исключает возможность использования осадка в сельском хозяйстве. Помимо этого, в ОСВ почти повсеместно присутствуют гормонально активные вещества. загрязнению почв эндокринно-активными веществами.

Учитывая вышесказанное, биогазовые установки в первую очередь должны представлять собой центр полной переработки органических отходов, обеспечивающие отсутствия затрат на дальнейшую переработку перебродившей массы или ее утилизацию.

В связи с вышеизложенным актуальным становится вопрос применения инновационных технологий со 100 % утилизацией ОСВ. Таковой является технология термической сушки обезвоженного ОСВ с получением альтернативного топлива ($Q \approx 13-14$ МДж/кг) и использование его в цементном производстве получившая широкое распространение в последние годы. При принятии решения по выбору технологии сушки определяющим фактором является объем перерабатываемого осадка и его конечные характеристики, определяемые потребителем в лице цементной промышленности (влажность не более 10 %). Данные обстоятельства не позволяют рассмотреть варианты использования конвейерных сушилок.

На актуальность принятия такого решения указывает и то обстоятельство, что отпадает необходимость в строительстве специальных печей и сложных систем газоочистки, которые уже имеются на предприятиях цементной промышленности и в мировой практике используются как печи «утилизаторы».

Исходя из проведенного анализа, вариант 1 является экономически и экологически не эффективным и главное – не решает проблему полной утилизации осадка.

В настоящее время основным направлением переработки ОСВ является их полная утилизация. Из приведенных методов (рисунок 2) для г. Минска предпочтительным является направление использование ОСВ в качестве альтернативного топлива в цементных печах.

Обсуждение результатов. 1. При осуществлении проекта по строительству биогазового комплекса объем иловых осадков после процесса брожения уменьшается только на 7–10 %.

Использование сброженного осадка Минских очистных сооружений в сельском хозяйстве не возможно по причине наличия токсичных соединений и тяжелых металлов, способных накапливаться в организме человека, оказывать вредное влияние даже в сравнительно небольших концентрациях (к числу тяжелых металлов относят хром (Cr), марганец (Mn), железо (Fe), кобальт (Co), никель (Ni), медь (Cu), цинк (Zn), галлий (Ga), германий (Ge), молибден (Mo), кадмий (Cd), олово (Sn), сурьму (Sb), теллур (Te), вольфрам (W), ртуть (Hg), таллий (Tl), свинец (Pb), висмут (Bi), всего более 40 элементов).

Экологически неблагоприятная обстановка в Беларуси усиливается еще и тем, что в результате Чернобыльской катастрофы возникла реальная угроза одновременного действия на организм человека радионуклидов, тяжелых металлов, пестицидов и других техногенных загрязнителей окружающей среды.



Рисунок 2 – Основные направления обращения с ОСВ

В процессе образования биогаза абсолютные количества тяжелых металлов не изменятся, по отношению к сточным водам и вследствие разложения органического вещества содержание тяжелых металлов увеличивается после брожения.

Для обеспечения утилизации таких осадков необходимо строительство завода по их сжиганию (предложение КУП «Минскводоканал»), что ведет к дополнительным капитальным затратам.

Для обеспечения бесперебойной устойчивой работы на мини ТЭЦ и заводе по сжиганию осадка потребность в природном газе суммарно будет сопоставима с потребностями газа на сушку.

Общая стоимость реализации данных инвестиционных проектов составляет около 56–71 млн. евро.

2. Реализация экономически, экологически и социально выгодного, как для Республики Беларусь, так и для г. Минска варианта сушки осадка с последующим использованием его в производстве цемента обусловлена следующим:

- решает основную задачу – полную безотходную утилизацию всего объема ОСВ г. Минска;
- создает дополнительные рабочие места по производству альтернативного топлива;
- позволяет рассмотреть вопрос рекультивации существующих иловых прудов;
- минеральная фракция, содержащаяся в осадках, является полезной технологической составляющей, заполняющей цемент, а поэтому не требует отдельной утилизации;
- осадки сточных вод, совместно сжигаемые в цементных печах, обладают не только свойствами альтернативного топлива, но и возобновляемого топлива, а поэтому являются нейтральным топливом в аспекте проблемы ограничения эмиссии углекислого газа.

Потребность в природном газе при использовании технологии VOMM составляет от 10,75 до 18,8 млн. м³/год, в зависимости от влажности иловых осадков.

Стоимость капитальных затрат на производство альтернативного топлива из иловых осадков по технологии итальянской компании VOMM составит 25,24 млн. евро).

Срок окупаемости инвестиций составит 8 лет и 11 месяцев.

Выполненные расчеты показали, что при использовании при производстве 123 000 т цемента марки 500 ДО на ОАО «Белорусский цементный завод» альтернативного топлива из высушенных осадков сточных вод в течение года замещается порядка 15 283,98 т каменного угля. В стоимостном эквиваленте это составляет ориентировочно 3 484 740,6 долл. США. Расчет выполнен согласно рекомендациям Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. Для использования в расчетах при составлении технико-экономических обоснований энергосберегающих мероприятий и оценки сроков их окупаемости рекомендуется при формировании программ энергосбережения на 2014 год использовать расчетную стоимость 1 т у.т. равной 228 долларов США.

Проведенный анализ финансовой реализуемости инвестиционного проекта позволяют сделать вывод о целесообразности его осуществления, экономической и социальной целесообразности его проведения. Данный вариант является экономически эффективным и финансово реализуемым.

По результатам экспертизы технико-экономического обоснования получены положительные заключения двух ведущих региональных технических вузов, специализирующихся на решении водохозяйственных проблем.

УДК 544:544.05

«ХИМЧИСТКА» ВОДЫ МЕТОДОМ ПАРОФАЗНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

Бехтерев Виктор Николаевич, доктор хим.наук, ФГБОУ ВПО «Сочинский государственный университет», *Россия, г. Сочи, vic-bekhterev@yandex.ru*

Кабина Елена Анатольевна, ФГУ «Научно-исследовательский центр курортологии и реабилитации Федерального медико-биологического агентства России», *Россия, г. Сочи, ke9182069515@mail.ru*

Для извлечения органических соединений из водных сред предложен метод парофазной экстракции. В качестве экстрагентов использовали ацетонитрил, этоксиэтан и гексан. На примере извлечения из водных растворов хлорметанов и одноосновных карбоновых кислот установлено, что парофазная экстракция более эффективна, чем газовая. Разработана принципиальная технологическая схема удаления органических веществ из воды парофазной экстракцией в динамическом режиме с замкнутым циклом использования экстрагента.

Ключевые слова: парофазная экстракция, водный раствор, удаление, органические вещества, газовая хроматография.

"DRY CLEANING" OF WATER BY VAPOR-PHASE EXTRACTION

Bekhterev V.N., Kabina E.A.

For extraction of organic compounds from water media the method of vapor-phase extraction is offered. As extractant used an acetonitrile, ether and hexane. On the example of extraction of chloromethanes and monobasic carbonic acids from water solutions it is established that vapor-phase extraction is more effective, than gas extraction. The principal diagram of removal of organic compounds from water by vapor-phase extraction in the dynamic mode with the closed cycle of using of extractant is developed.

Keywords: vapor-phase extraction, water solution, removal, organic compounds, gas chromatography.

Введение. Разработка новых методов извлечения органических веществ из воды имеет важное прикладное значение для химической технологии и экологии [12,20,23,24]. Актуальность ее обусловлена также поиском наиболее эффективных способов очистки загрязненных сточных вод [23]. Ранее нами для выделения органических веществ из воды предложен метод парофазной экстракции (ПФЭ) [6], основанный на перераспределении целевых компонентов между водным раствором и находящимся с ним в контакте паром органического растворителя. Исследованиями закономерностей ПФЭ летучих органических кислот C₂ – C₆ и фенолов [3] установлено участие добавляемого экстрагента в трансграничном переносе растворенных со-