



УДК 628

Л. Ф. ДОЛИНА, канд. техн. наук, доцент

Т. Л. БУШИНА, старший преподаватель, заместитель декана

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта

имени академика В. Лазаряна, г. Днепропетровск

К ВОПРОСУ ОБРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Проблема обработки и утилизации осадков городских сточных вод имеет не только экологическое, но и экономическое значение. На территории Украины накоплено свыше 50 млн т осадков по сухому веществу, которые являются хорошим органическим удобрением. Большинство из них содержит много токсичных веществ. Предлагаются способы использования органических удобрений.

осадки, городские сточные воды, утилизация, тяжелые металлы, методы утилизации, компостирование, биогаз

Проблема обработки и использования (утилизации) осадков сточных вод приобретает особый смысл, так как имеет не только экологическое, но и экономическое значение, содействуя восполнению сырьевых и материальных ресурсов. На территории Украины в отвалах и хранилищах накоплено 50 млн т осадков по сухому веществу, что при естественной влажности составляет около 5 млрд т коммунальных отходов [1]. Это изымает из хозяйственного оборота страны более 10 тыс. га земли (в Донецкой обл. более 500 га, Харьковской обл. более 300 га). Суммарная площадь, занимаемая осадками всех сточных вод в 1996 г. в г. Днепропетровске, составила 3484,22 га. Компенсация за отвод земель под хранение осадков для различных регионов Украины колеблется от 2,5 до 100 тыс. долл. США за 1 га. Из этого следует, что проблема накопления осадков имеет не только природоохранное, но и экономическое значение.

На очистных сооружениях г. Москвы и Московской области образуется в среднем до 1,5 % осадков сточных вод от количества поступающей сточной воды, что составляет в год свыше 650 тыс. м³. Подобная ситуация наблюдается и в других крупных городах. Так, в г. Сочи, имеющем 6 станций полной биоочистки общей производительностью 200 тыс. м³/сутки, образуется 1,6 тыс. м³/сутки осадков со средней влажностью 97 %. Время заполнения иловых площадок слоем осадка, равным 30 см, составляет от 20 до 143 суток.

На подсушку 1 м³ осадка на иловых площадках требуется 1 м² площади; в то же время для подсушки всех

осадков очистных сооружений городских сточных вод Украины требуется около 25–30 тыс. га земли.

В странах ЕС количество осадков после очистки городских сточных вод достигает порядка 9–10,5 млн т/г. Затраты на отделение, обработку и использование осадков составляют 50 % от всей стоимости очистки сточных вод. Проблема осадков возникла, когда их перестали считать полезными, и они превратились в отходы. Цены для размещения осадков в землю довольно высоки: в США – размещение ила стоит 12 долл. США за 1 т, Испания (Астурии) – от 6 до 10 долл. США за 1 т. В Испании смесь сырого осадка и активного ила называют биосолидами (в переводе с испанского – биологическое солнце)*.

Согласно директивам Европейского сообщества (ЕС) до 2005 г. должны очищаться все виды осадков в населенных пунктах с численностью жителей свыше 10000; при этом должна производиться переработка осадков. Больше всего осадков образуется в Германии – 25 тыс. т, а меньше всего в Люксембурге – 15 тыс. т; при этом на свалку сбрасывается от 90 % (Греция) до 19 % (Великобритания), в море – от 61 % (Португалия) до 6 % (Германия, Франция, Бельгия); утилизируется – от 45 % (Великобритания) до 10 % (Испания, Греция), сжигается – от 28 % (Дания) до 0 % (Италия, Греция, Ирландия, Португалия). Однако сброс в море уже запрещен (2000 г.), и после 2000 г. в странах ЕС запрещено открывать новые свалки для складирования осадков. Осадки являют-

* Автор данной статьи был в командировке в 1976 г. в Испании, где ознакомился с работой очистных сооружений ряда городов и промышленных предприятий.

ся хорошим органическим удобрением, а потому могут использоваться в сельском хозяйстве. В странах ЕС примерно 10 % осадков используется в сельском хозяйстве в качестве удобрений. В России и Украине в сельском хозяйстве используется всего 1,5 % осадков [2, 3]. Почему же так мало? Да потому, что в составе многих осадков содержится много солей тяжелых металлов (табл. 1 и 2) и токсичных соединений (фенолов, бенз(а)пирена и др.). В соответствии с СанПиН 22.7.029–99 «Гигиенические требования, касающиеся обращения с промышленными отходами и определения класса их опасности для здоровья населения», канализационные осадки в подавляющем большинстве случаев имеют IV класс опасности, что предопределяет возможность их открытого хранения. Высокие концентрации токсичных веществ в почвах при внесении таких осадков способны сделать непригодными сельскохозяйственные продукты, выращенные на таких почвах, загрязнять грунтовые воды и воды открытых водоемов, представлять серьезную опасность для населения. Важным обстоятельством является также то, что осадки различных городов и станций очистки стоков имеют различный уровень химического загрязнения. Так, небольшие города Украины (Джанкой, Ялта, Купянск и др.), не имеющие развитой тяжелой промышленности, содержат либо минимальное количество токсичных веществ, либо их совсем не содержат. Поэтому такие осадки в 100 % составе могут использоваться для удобрения почв. В то же время осадки крупных мегаполисов (Днепропетровск, Донецк, Харьков, Киев и др.), а также небольших городов, имеющих в составе мощные промышленные предприятия (Макеевка, Кривой Рог, Алчевск) должны подвергаться

дальнейшей обработке. Существует единственный в мире город Париж (осадков образуется 2100 тыс. м³/сут.), где все осадки утилизируются в сельском хозяйстве.

Осадки сточных вод (удобрение) рационально транспортировать на поля всеми видами имеющегося в хозяйстве транспорта на расстояние до 50 км [3]. При этом не учитывается, что вывоз осадков с территории очистной станции является необходимым условием их эксплуатации, а значит, затраты на вывоз осадков должны являться неотъемлемой частью эксплуатационных затрат самой очистной станции.

По данным Запорожской государственной сельскохозяйственной опытной станции, внесение сухого осадка сточных вод в почву в количестве 30 т/га при выращивании зеленой массы люцерны дало прибавку к урожаю 27 %, а навоза в количестве 50 т/га – до 24 %, что свидетельствует об эффективности использования осадков как удобрения. Осадки можно применять для выращивания рассады овощей, для удобрения в зелено-парковом хозяйстве, цветоводстве, садоводстве, питомниках при выращивании саженцев, в частных хозяйствах.

Отсутствие оплаты за осадки не способствует заинтересованности персонала очистных станций в их утилизации, а следовательно, отсутствие цены на осадки сдерживает их дальнейшее применение. Цену на обработанные осадки можно установить по их химическому составу (табл. 1), сравнивая с ценами на минеральные удобрения.

Исходя из предположения, что основную ценность представляют биогенные элементы (фосфор, азот, калий), можно рассчитать стоимость осадков, которая колеблется в значительных пределах от 11,8 до 66,3 долл.

США, что в среднем составляет порядка 20 долл. США. Установлено [3], что в Украине не менее 30 % накопленных осадков (17 млн т) может быть использовано в сельском хозяйстве, а это может дать прибыль не менее 300–500 млн долл. США.

Для использования избыточного активного ила в сельском хозяйстве стран ЕС содержание тяжелых металлов в сухом веществе не должно превышать следующих значений, мг/кг: 100 Ni, 100 Pb, 300 Cr, 600 Cu, 1500 Zn, 1 Hg и т. д.

Так как большинство осадков в Украине содержат тяжелые металлы, то извлечение их из илов позволит использовать осадки как ценное удобрение. В настоящее время существует три способа извлечения тяжелых металлов из концентрированных отходов:

Количество ила (по сухому веществу) и содержание тяжелых металлов в осадках станций аэрации Днепропетровска и Донецка

Показатели	Днепропетровск			Донецк
	ЛСА	ЮСА	ЦСА	
Образуется ила, т/год	11285,4	3576,8	19980,0	557000
Площадь ила, га	8,6	3,5	21,3	
Органические вещества, %	35–48,9	33,1–51,7	38,5–45,3	40–47
Азот, %	2–3,5	2–2,95	2–3,1	3,8
P ₂ O ₅ , %	0,6–2,1	1,2–1,9	0,7–2,2	2,4
Зольность, %	60–70	50–60	55–60	2,4
Тяжелые металлы, мг/кг:				
Свинец	108,6	5,0	19,0	150
Цинк	148,0	52,0	206,0	2600
Хром	25,8	23,0	1,39	1000
Кобальт	1,15	1,4	1,4	25
Медь	24,5	15,0	123,0	1900
Ртуть	–	–	–	10
Кадмий	0,48	1,1	5,4	35
Никель	13,8	7,6	31,8	500
Алюминий	2521,0	2702,0	2390,0	–
Марганец	–	–	–	1500



Таблица 2.

Содержание тяжелых металлов в осадках сточных вод

Страна	Содержание тяжелых металлов в осадках сточных вод, мг/кг по сухому веществу										
	Co	Ni	Sr	Cu	Zn	Pb	Cr ⁺³	Cd	Hg	Fe	Mn
США	–	150	–	750	1500	500	500	50	–	–	–
Франция	20	100	–	1500	300	300	200	15	8	–	–
Швейцария	100	200	–	100	3000	1000	1000	30	10	–	–
Финляндия	100	500	–	3000	5000	1200	1000	30	–	–	3000
Украина	100	200	30	1500	2500	750	750	30	15	25000	200

- термический (автоклавный гидролиз, сжигание);
- ионообменный с последующей сильнокислотной обработкой;
- химическое выщелачивание концентрированными кислотами и щелочами.

Каждый из этих методов имеет достоинства и недостатки. Еще в 1990 г. были сделаны выводы о перспективности термического сжигания осадков городских сточных вод. Так, в Австрии в перспективе будет сжигаться до 60 % осадков, в Швейцарии – до 40 %, в Германии – до 30 %. Однако и этот метод не является экологически безопасным, поскольку требуется очистка выбрасываемых газов, а также возникают трудности с дополнительной очисткой образуемых в системе промывки газов суспензий. В то же время сжигание способствует уменьшению объема осадков на 80 %, а массы – на 70 % по сухому веществу. Конечный продукт в 25 раз меньше «мокрого». Так, из объема обезвоженного осадка порядка 1000 м³/сут путем сжигания получается 90 м³/сут объема золы, но и сжигание высоковлажных осадков тоже нерентабельно.

Франция является одним из мировых лидеров в области сжигания осадков сточных вод. Начиная с 1966 г., по французской технологии в печах с псевдосжиженным слоем эксплуатируется более 30 установок. По этому принципу в Санкт-Петербурге производится сжигание осадков. При этом, как уже отмечалось выше, происходит выделение токсичных веществ диоксинов и фуранов. Замеры концентрации диоксинов в отходящих газах (1999–2001 гг.) показали наличие их в пределах 13,2–17,6 пг/нм³ при нормативе 100 пг/нм³.

Другим экологическим методом очистки осадков от тяжелых металлов является замещение в микроорганизмах ила одних элементов на другие [5]. При использовании замещения тяжелых металлов на щелочно-земельные – в первую очередь на кальций, степень уменьшения цинка составила 44–84 %, меди – 28–62 %, никеля – 58–92 %, свинца – 92–99 %, хрома – 57–77 %. Был получен активный ил, отвечающий требованиям, предъявляемым в странах ЕС к активному илу, предназначенному для использования в сельском хозяйстве. К тому же, после введения кальция ил становится ценным органоминераль-

ным удобрением для кислых почв. Однако этот метод не вышел из лабораторных испытаний и требует промышленного внедрения.

Следующим методом переработки и утилизации осадков является компостирование, заключающееся в смешении с грубоизмельченными целлюлозосодержащими материалами (древесные опилки, растительные и древесные отходы, бытовой мусор и пр.).

Разработаны методы использования осадков городских сточных вод и ранее неупотребляемых осадков поверхностных стоков в новой обжиговой технологии получения экологически чистого суперлегкого керамзита, позволяющие использовать низкосортные некондиционные мало- и среднепластичные глины.

Активный ил предприятий нефтехимии может быть рекомендован в смеси с землей для рекультивации нарушенных земель, при отсыпке карьеров с последующим выращиванием лесонасаждений и газонных трав, для удобрения земель, отводимых под посадки древесно-кустарниковых насаждений, питомников, парков. Большую часть сухого вещества активного ила нефтехимии составляют вещества белкового происхождения (до 50 %), жиры (до 20 %) и углеводы (до 8 %). Осадки, получаемые после биологической очистки сточных вод, обычно имеют pH порядка 6,5–8. Конечным продуктом трансформации нефтяных загрязнителей сточных вод под действием микроорганизмов является гумус. Экологическая опасность при использовании ила возникает только тогда, когда проводится бесконтрольно. Наиболее часто встречающиеся нарушения – систематическое внесение ила без соблюдения существующих регламентов. Так как регламентация металлов ведется по их валовому содержанию в почве и осадках, а растения используют только подвижные формы тяжелых металлов, необходимо проверять концентрацию металлов в растительной продукции. Теоретически допустимая норма внесения ила по содержанию общего азота для предприятий нефтехимии – 24–29 т/га абсолютно сухого ила. Считается, что большинство органических загрязнителей в таких осадках разлагаются в почве за 1–4 недели, а в растениях они обезвреживаются при-

мерно за 2 недели [6]. При этом процесс детоксикации интенсивнее протекает в надземных частях растений. Однако в илах нефтехимии присутствуют бенз(а)пирен от 26 до 350 мг/кг и АПАВ – до 173 мг/кг. Учитывая это, допустимо вносить в почву не более 0,5–5,7 т/га воздушно-сухого ила при использовании значений фоновое содержания бенз(а)пирена в почве чистых районов (0 % мг/кг), ПДК в почве – 0,02 мг/кг. Бенз(а)пирен интенсивно разлагается в почве в весенне-летнее время, в результате чего можно предположить, что количество ила, вносимого в почву, может быть достаточно большим.

В Украине эксплуатируется 18 станций для очистки бытовых сточных вод, но только на четырех из них (Харькове, Одессе, Киеве, Кривом Роге) имеются установки для получения биогаза из осадков. С 1 кг сухих органических веществ, что имеются в осадках, метановые микроорганизмы вырабатывают 0,2–0,6 м³ биогаза, в котором содержится 65–80 % метана.

При использовании органических осадков животноводческих предприятий, мясомолочной промышленности и станций очистки бытовых сточных вод в Украине возможно вырабатывать 54 млн м³ биогаза ежегодно, что может заменить 24 тыс. т бензина.

Вопросы утилизации осадков нуждаются в продолжении их изучения, что представляет несомненную эко-

номическую и экологическую ценность для Украины, так остро нуждающейся в энергоресурсах и улучшении экологической обстановки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дрозд Г. Я., Зотов Н. И., Маслак В. Н. Технично-экономические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод. – Донецк, 2001.
2. Музыченко В. Е., Павлинова Н. И., Королева Е. А. Использование осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – № 6. – С. 17–19.
3. Дрозд Г. Я., Зотов Н. И., Маслак В. Н. Осадки сточных вод как удобрение для сельского хозяйства // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 12. – С. 33–35.
4. Кармазинов Ф. В., Пробриский М. Д. Технологический комплекс по обработке и утилизации осадков сточных вод ЦСА Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 8. – С. 2–7.
5. Зыкова И. В., Панов В. П. Утилизация избыточных активных илов // Экология и промышленность России. – 2001. – Декабрь. – С. 29–30.
6. Трубникова Л. И. Утилизация избыточного активного ила предприятий нефтехимии // Экология и промышленность России. – 2001. – Август. – С. 9–11.

Проблема оброблення та утилізації осадків міських стічних вод має не тільки екологічне, а й економічне значення. На території України накопичено більше 50 млн т осадків по сухій речовині, які є хорошим органічним добривом. Більшість із них містить багато токсичних речовин. Запропоновано способи використання органічних добрив.

The problem of processing and recycling of deposits of city sewage has not only ecological, but also economic importance. On Ukraine territory there are more than 50 million tons of deposits as to dry matter which can be used as good organic fertilizer. The majority of the deposits contain a lot of toxic pollutants. The ways of organic fertilizers using are proposed.