

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ - ПУТЬ К МАЛООТХОДНЫМ КАНАЛИЗАЦИОННЫМ ОЧИСТНЫМ СООРУЖЕНИЯМ



Дрозд Г.Я.
д-р техн. наук,
профессор

Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Украина

Выполнен анализ причин, влияющих на безотходность очистных сооружений канализации. Показано, что отсутствие эффективных технологий утилизации осадков обуславливает многоотходность этих предприятий. Приведены данные комплексных исследований физико-химического и минералогического составов депонированных осадков городских сточных вод. Предложены новые технологии их утилизации в строительной и дорожно-строительной отраслях. Приведен опыт экспериментального применения и обоснование экономической эффективности.

Ключевые слова: утилизация, депонированный осадок сточных вод, технология, асфальтобетон, строительная керамика.

Постановка проблемы

В соответствии с действующими как в России, так и в Украине, законодательствами, предприятия, нарушающие санитарные и экологические нормы, не имеют право на существование и должны быть реконструированы или закрыты, т.е. все современные предприятия должны быть безотходными или малоотходными [1].

Парадокс, но предприятия Водоканала, осуществляющие функции жизнеобеспечения и охраны природы сами являются крупнейшими загрязнителями окружающей природной среды.

В составе Водоканалов функционируют канализационные очистные станции, основной задачей которых является очистка сточных вод с образованием крупнотоннажного отхода-осадков сточных вод (ОСВ).

Эффективность работы очистных станций исходя из критерия безотходности предприятий оценим по [1]:

$$K_o^{II} = 0.33 * (K_o^G + K_o^Ж + K_o^T)$$

Где K_o^{II} - коэффициент безотходности предприятия, K_o^G , $K_o^Ж$, K_o^T коэффициенты использования соответственно газовой, жидкой и твердой составляющей ОСВ.

По данному критерию:

- $K_o^{II} \geq 95\%$ соответствует безотходным технологиям;
- $K_o^{II} = 75-94\%$ - малоотходным технологиям;
- $K_o^{II} < 75\%$ - многоотходным технологиям.

Анализируя работу предприятий на предмет повышения их безотходности, отметим следующее: сегодня на практике используется только жидкая отделяемая фаза, т.е. $K_o^{II} = 33\%$ и предприятия



Рисунок 1
Размещение ОСВ.

являются многоотходными. К сожалению, в настоящее время в Украине из технологического процесса исключены метантенки, что еще более усугубило положение предприятий по их безотходности. Поэтому необходимо незамедлительно принимать решение по использованию биогаза очистных сооружений, что позволит не только повысить эффективность работы предприятий, но и частично решить энергетическую проблему.

Твердая составляющая ОСВ наглядно иллюстрирует проблему как канализационных отходов, так и эффективность работы очистных сооружений. В силу загрязненности осадков тяжелыми металлами, в Украине осуществляется практически их 100% складирование. За последние 50 лет суммарная площадь отторженных под складирование ОСВ земель приближается к 50 км² (рис. 1).

Поэтому научно обоснованное рациональное вовлечение отходов водоочистки в хозяйственный оборот с участием Водоканалов позволит существенно снизить прессинг на окружающую среду и повысить безотходность очистных сооружений.

Традиционные способы утилизации ОСВ

По обобщенным данным [2,3], в странах Европы методы утилизации ОСВ распределяются в следующем порядке:

1. Складирование (около 40%).
2. Сельскохозяйственное использование (около 31%).
3. Сжигание (около 16%).
4. Иные способы - (около 13%).

Из них экономически оправданным является только сельскохозяйственное использование - все остальные являются затратными.

С экологической точки зрения прокомментируем наиболее распространенные способы утилизации ОСВ.

Сельскохозяйственное использование. Рискованный способ, связанный с загрязнением почвы, возможным токсикозом растений тяжелыми металлами либо с их попаданием по трофической цепи

Способы ограничения миграции ТМ из ОСВ.

Таблица 1

- пассивация тяжелых металлов - повышение щелочности осадков для снижения растворимости металлов;
- изоляция частиц осадка водонепроницаемыми пленками;
- максимальное уплотнение осадков для снижения выщелачивания токсичных веществ, уменьшение фильтрационных и диффузионных процессов;
- увеличение химической стойкости путем спекания и остекловывания частиц осадка;
- предотвращение увлажнения;
- комплексные мероприятия по изоляции осадков от окружающей среды.

в организм животных и человека. Оправдано при создании искусственных ландшафтов или выращивания технических культур. Требуется постоянного санитарно-гигиенического контроля.

Сжигание. Неэффективный, энергозатратный и экологически небезопасный способ уничтожения ОСВ с образованием большого количества золы, которая по свойствам поверхности частиц (кислая, с суммарным отрицательным зарядом) является не совсем хорошим сырьем для строительных материалов.

Другие способы. Являются экономически и энергетически затратными и вносят лишь незначительный вклад в решение проблемы канализационных отходов.

Хранение на свалках (депонирование). Территории, отводимые под свалки можно охарактеризовать как геопатогенные. Слабая механическая прочность слежавшихся осадков, трансформировавшихся в почво-грунты, не позволяет использовать их даже в перспективе как основание под строительство. Загрязнения в виде сорбированных на частицах, химически не закрепленных тяжелых металлов могут мигрировать в почву, грунтовые воды и водотоки, осложняя экологическую ситуацию. Значительные количества трансформированной в ОСВ органики являются причиной возгорания свалок. В Украине из 10 объектов на 8 фиксируются пожары в летнее время с обильным выделением в атмосферу продуктов горения.

Характеристика твердого вещества осадков, %.

Таблица 2

Вид осадка	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	п.п.п.
Тип I	14,0	4,41	3,47	0,25	0,39	9,18	3,44	0,52	0,58	3,24	61,1
Тип II	46,30	10,05	9,25	0,40	1,94	6,10	1,84	0,95	0,80	1,60	21,1

Содержание в осадке тяжелых металлов, мг/кг (г/т).

Таблица 3

Осадок СБО (г. Луганск)	Hg	Pb	Cu	Mn	Ni	Cr	Co	Cd	Zn
Тип I	1,8	111	277	358	391	214	7,7	57	611
Тип II	7,2	215	1000	1115	1220	2416	48	135	2320
ПДК в почве	2,1	32,0	3,0	1500,0	4,0	6,0	5,0	4,0	23,0

Плотность ОСВ, кг/м³.

Таблица 4

Тип осадка	Плотность истинная	Плотность насыпная
Тип I	1,89	0,74
Тип II	2,31	0,75

Т.к. в Европе складированные осадки составляют значительный объем, а в странах СНГ это практически единственный способ их утилизации, то разработка новых методов и технологий вовлечения их в хозяйственный оборот является крайне актуальной.

Исходя из того, что основная опасность при складировании осадков заключается в миграции из них тяжелых металлов (ТМ) в почву и водоемы, представляет интерес проанализировать основные факторы, определяющие этот процесс.

В санитарно-гигиеническом отношении опасность представляет не столько концентрация тяжелых металлов, сколько значение растворимости их солей, которая зависит от температуры, *pH* среды и массообменных процессов.

Поэтому с точки зрения экологической безопасности возможны следующие подходы к ограничению миграции токсичных веществ из осадков в окружающую среду (табл. 1), которые можно осуществить технически, учитывая свойства отходов.

Характеристика депонированных ОСВ

Депонированные (складированные) ОСВ представляют собой почво-грунт, свойства которого кардинально отличаются от свойств «свежих»

осадков. Состав «свежих» осадков характеризуется соотношением органической и минеральной составляющих примерно 80% и 20% соответственно, а состав депонированных, т.е. выдержанных на площадках складирования с течением времени меняется с точностью до наоборот. При этом происходит минерализация органических веществ с образованием новых органо-минеральных соединений. В качестве примера в таблице 2, 3 приведен химический состав ОСВ, хранившихся на площадках складирования СБО г. Луганска в течение 3 лет (тип I) и более 10 лет (тип II).

За время хранения в осадке почти в 3 раза уменьшилось количество органики (по п.п.п.) и увеличилась минерализация (рост SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO и проч.). Снижение концентрации ТМ в сравнительно «молодых» осадках объясняется уменьшением в последнее время вклада стоков от промпредприятий в связи с экономическим кризисом.

Депонированные осадки в естественном состоянии на площадках складирования имеют темно-бурый цвет, характеризуются естественной влажностью 18-40%, с реакцией солевой вытяжки $pH=7,15-7,55$. В высушенном при 105°C состоянии осадки имеют показатели истинной и насыпной плотности, приведенные в таблице 4.

Сухие осадки - полидисперсная система с содержанием частиц различных фракций, в пределах, приведенных в таблице 5.

Содержание частиц в ОСВ по фракциям.

Таблица 5

Размер фракций, мм	Количество, %
>50	0,15-0,5
50-0,1	2,45-46,15
0,1-0,05	0,21-41,44
0,05-0,01	15,81-55,6
0,01-0,005	0,88-25,29
<0,005	4,42-25,08

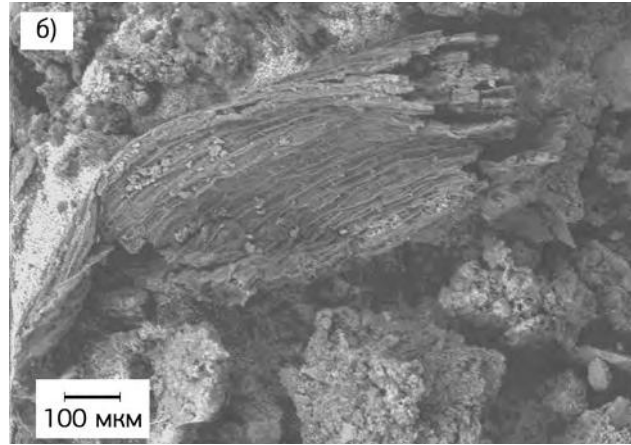
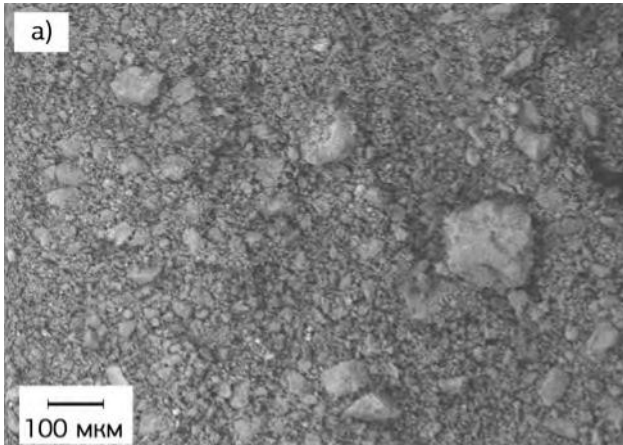


Рисунок 2
Морфология ОСВ типа II (а) и типа I (б).

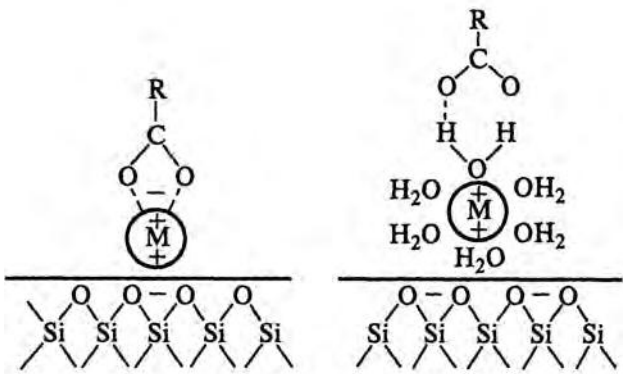


Рисунок 3
Образование минералоорганических соединений
посредством катионных мостиков.

- монтмориллонит-
 $(Ca, Mn, Na...)(Al, Mg)_2 \times (OH)_2 [Si, Al)_4 O_{10}] \times nH_2O$,
- каолинит $-Al_4(OH)_8 [Si_4 O_{10}]$,
- гидрослюда
 $(Ca, Mg...)(Mg, Fe^{2+}) \times (OH)_2 [Si, Al)_4 O_{10}] \times 4H_2O$,
- карбонатами $-CaCO_3$,
- кварцем,
- кремнеземом[5].

Твердая фаза ОСВ состоит из минеральной и органо-минеральной составляющих с включением тяжелых металлов.

По данным рентгенофазового анализа, минеральная часть осадков представлена преимущественно алюмосиликатами:

Таким образом, минеральная часть органо-генной почвы представлена аморфотерными и кристаллическими фазами и органо-минеральными включениями. Это обуславливает её морфологическое отличие от других видов почв. На рисунке 2 приведены микрофотографии депонированных осадков в разных фазах их складирования.

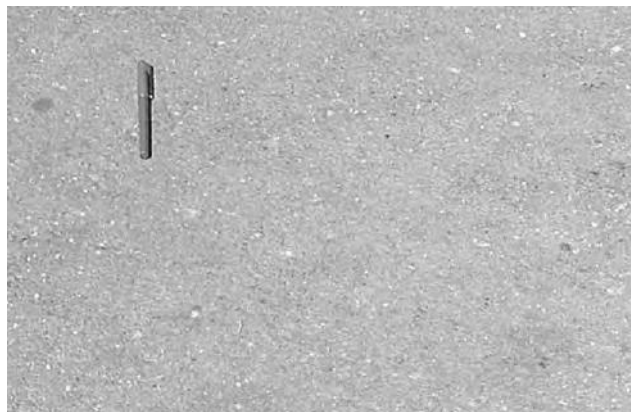


Рисунок 4
Площадка промбазы. Качество покрытия через 1,5 года эксплуатации (справа).

Органическая составляющая ОСВ представлена преимущественно сложным гумусо-лигнинным комплексом [6]. Однако возможно наличие и иных органических веществ, являющихся трудно разлагаемыми и биологически не усвоенными.

В качестве таких органических веществ могут присутствовать: жироподобные вещества (из жироловок); различные моющие средства, мыла общей формулы $R-COONa$, алкил-, арилсульфонаты- $R-SO_3Na$, мылонафты, соли нафтеновых кислот, лигнин, лигносульфонаты и другие жесткие высокомолекулярные соединения; трудно разрушаемые растворители и углеводороды, особенно с гетероциклическими атомами или конденсированными ядрами; трудно разрушаемые фосфорорганические соединения [7].

Лигнин - наиболее устойчивое против разложения соединение, содержащее бензольные ядра, несущие в качестве заместителей пропановые цепочки, гидроксильные и метоксильные группы [6]. В качестве заместителей в ароматическом кольце могут быть атомы и группы OH , $CO-$, $-OCH_3$; в пропановой цепочке - OH ; $-O-$; $=C=O$ и др.

Гуминовые вещества представляют собой природные хелатообразующие вещества с молекулярной массой от 300 до 10^5 и нерегулярной структурой. Преимущественно они имеют ароматическую структуру, включают фенольные гидроксилы и карбоксильные группы, способные присоединять металлы, в том числе - тяжелые [8].

Характер взаимодействия составляющих ОСВ

Среди возможных механизмов взаимодействия и образования соединений лигнинно-гумусных веществ со слоистыми силикатами (алюмосиликатами) ведущая роль принадлежит поливалентным катионам, особенно Fe^{3+} и Al^{3+} , способным одновременно образовывать связь и с анионом гумусовой кислоты, и с отрицательно заряженными группами на поверхности алюмосиликатов. На рисунке 3 приведена схема образования таких соединений посредством катионных мостиков [6].

ОСВ являются средой, в которой происходит накопление тяжелых металлов (табл. 3). Большая их часть включается в почвообразовательные процессы.

По влиянию на адсорбцию гумусовых кислот, катионы, образующие мостики, располагаются в ряд [6]: $Fe^{3+} > Al^{3+} > La^{3+} > Cu^{2+} > Co^{2+} > Zn^{2+} > Ca^{2+} > Ba^{2+} > Cs^{+} > K^{+} > Na^{+}$

Данные таблицы 3 свидетельствуют о наличии в осадке сточных вод этих металлов, что обуславливает возможность образования минералоорганических соединений по данному механизму.

Гипотеза

Рассматривая депонированные ОСВ с позиций материаловедения, последние можно отнести к категории техногенных месторождений сырьевых материалов для строительной и дорожно - строительной индустрии.

Минеральная алюмосиликатная составляющая ОСВ (каолинит, монтмориллонит и пр.), содержащая органическое вещество, подобна глинистым материалам. Это сырье может быть использовано для производства керамических обжиговых изделий [9].

Полидисперсный состав ОСВ, наличие тяжелых металлов, ПАВ и органических веществ в соединениях, взаимодействующих с битумом - это те полезные свойства отхода, которые можно реализовать в производстве асфальтобетонов [10].

Экспериментальные исследования дорожно-строительных и строительных материалов

Выдвинутая гипотеза о возможности использования депонированных ОСВ в качестве сырьевой базы для производства строительных и дорожных материалов успешно подтверждена лабораторными исследованиями [4,5, 11-14] (табл. 6, 7; рис. 4, 5).



Рисунок 5
Экспериментальная городская улица г. Антрацит.

Физико-механические свойства асфальтобетона с различным содержанием добавки ОСВ.

Таблица 6

№ п/п	Состав асфальтобетона (плотный, тип Б)	Водонасыщение, %	Набухание, %	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре			Коэффициент водоустойчивости
				20°C	50°C	водонасыщенное сост.	
1	Щебень - 35%; Песок из отсева дробления щебня - 65% (контроль)	0,6	0,12	4,40	2,05	3,56	0,87
2	Щебень - 35%; Песок из отсева дробления щебня - 63%; ОСВ - 2%.	0,55	0,15	4,10	1,65	3,70	0,93
3	Щебень - 35%; Песок из отсева дробления щебня - 61%; ОСВ - 4%.	0,97	0,15	4,25	1,92	3,60	0,89
4	Щебень - 35%; Песок из отсева дробления щебня - 59%; ОСВ - 6%.	0,65	0,06	5,40	3,0	4,80	0,91
5	Щебень - 35%; Песок из отсева дробления щебня - 57%; ОСВ - 8%.	1,22	0,18	6,0	3,3	4,9	0,86
	Требования ДСТУ Б В.2.7-119-2003 (марка II, верхние слои)	1,5-3,5	не более 0,85	2,4	1,2	-	не менее 0,85
	Требования ДСТУ Б В.2.7-119-2003 (марка II, нижние слои)	не более 10	-	1,5	-	-	не менее 0,6

Получаемый асфальтобетон по своим параметрам превышает требования нормативных документов (табл. 6). Кроме того, введение ОСВ в состав асфальтобетона придает ему специальные эксплуатационные свойства - уменьшает температурную чувствительность (повышает прочность при высоких летних температурах).

Получаемый керамический эффективный кирпич на основе ОСВ по прочности соответствует марке М50...М100, обладает пониженными теплопроводностью и массой. Энергозатраты на обжиг кирпича

намного ниже аналогов, так как выгорающая органика снижает температуру обжига на 80-100 градусов.

Опытно-промышленная апробация материалов

Для проверки результатов теоретических и экспериментальных исследований, отработки технологии производства асфальтобетонных смесей с наполнителем ОСВ, их укладки и уплотнения, изучения процессов структуро-



Рисунок 6

Производство керамических изделий на основе ОСВ (лабораторный образец и опытная партия).

образования дорожного покрытия и оценки эксплуатационных свойств в натуральных условиях, было осуществлено экспериментальное внедрение разработанного материала на территории промышленной базы КП «Луганская МДПМК-34». Объем произведенного и уложенного в покрытие асфальтобетона верхних слоев дорожной одежды составил 55 т, в состав которого входило 3,3 т подготовленного осадка. Внедрение осуществлено в 2005 г. (рис. 4).

Совместно с ДЭРСУ г. Красный Луч в период с сентября по октябрь 2010 г. с использованием осадка сточных вод г. Луганска в качестве органоминерального порошка (ОМП) была проведена

реконструкция городской улицы им. Малютина в г. Антраците Луганской области (рис. 5)

При этом в проезжей части улицы длиной 250 м и шириной 6 м были выделены два опытных участка 250*3 м - левая полоса дороги была выполнена на асфальтобетоне с традиционным минеральным порошком, а правая - на асфальтобетоне с ОМП, за которым установлены систематические наблюдения, которые свидетельствуют о хороших эксплуатационных качествах дорожного покрытия (рис. 4).

В 2005 г. на Луганском кирпичном заводе выпущена опытная партия (3000 шт.) керамического кирпича на основе ОСВ (рис. 6).

Основные свойства керамического черепка.

Таблица 7

№ п/п	Содержание осадка, %	Средняя плотность, $\rho_{ср}$, т/м ³	Пористость, P_o , %	Теплопроводность, λ , Вт/м·К	Предел прочности при сжатии, $R_{сж}$, МПа
1	Без добавки	2,08	16,4	0,99	12,2
2	10	2,0	20,0	0,94	13,3
3	20	1,82	27,2	0,84	12,0
4	30	1,70	29,2	0,80	10,2
5	40	1,61	31,6	0,78	9,75
6	50	1,56	37,6	0,70	9,4
7	60	1,50	40,0	0,67	9,25
8	70	1,41	43,5	0,62	9,0
9	80	1,28	48,8	0,55	8,75

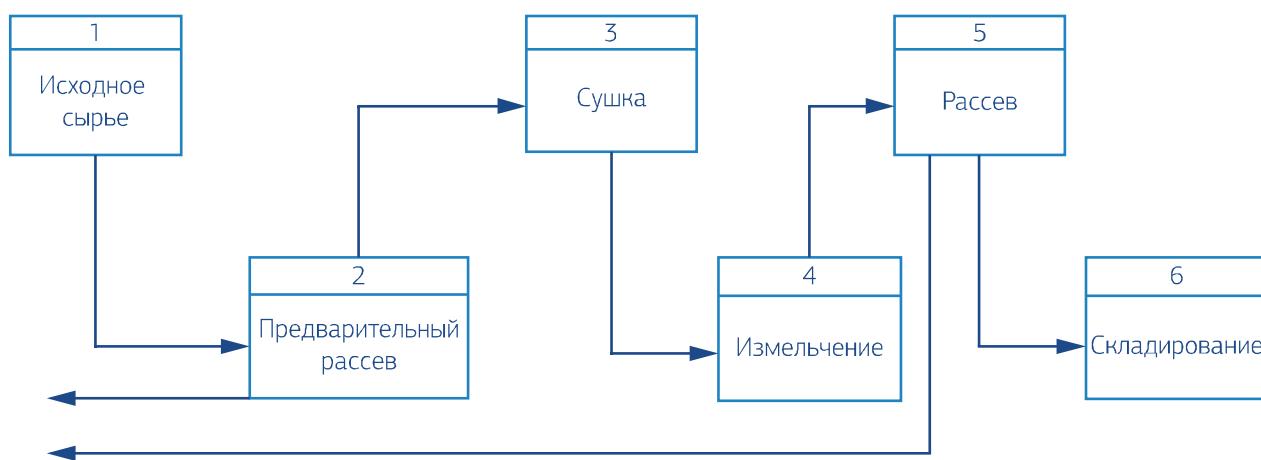


Рисунок 7
Технологическая схема по подготовке ОСВ к утилизации в дорожном строительстве.

Технологическая схема подготовки ОСВ для асфальтобетона

На рис. 7 представлена технологическая схема подготовки депонированных осадков сточных вод на очистных сооружениях к утилизации [5].

Перспективы использования депонированных ОСВ на примере Луганской области

По данным облстатуправления Луганской области, на ремонт и новое строительство автомобильных дорог предприятиями облавтодора ежегодно требовалось 280-300 тыс. т асфальтобетона, а плановые показатели 2010-2012 гг - 500 тыс. т.

Расчеты показывают, что при минимальной годовой потребности асфальтобетона 280 тыс. т/год, утилизация лежалых ОСВ в объемах 6÷8% от этого количества составит 16,8÷22,4 тыс. т.

Годовое же накопление ОСВ на предприятиях биологической очистки сточных вод г. Луганска составляет порядка 10 тыс. т./год (по данным отдела ООС ЛРПУ ОКП «Компания Лугансквода»). Таким образом, объем 2-х летних накоплений ОСВ на очистных сооружениях может быть утилизирован годовым производством асфальтобетона и его размещением в дорожном полотне.

При необходимости минерализации ОСВ в отвалах в течение 7 лет, данная технология позволяет за это время утилизировать накопленные объемы осадков в количестве 150 тыс. т, а в последующем отрегулировать цикл подготовки осадка для утилизации в асфальтобетон без дальнейшего увеличения территорий, необходимых под хранение ОСВ.

Учитывая, что количество накопленных в Украине ОСВ составляет более 50 млн. т по сухому веществу, использование данной технологии их утилизации позволит сэкономить значительные денежные средства, оздоровить окружающую природную среду и довести ее качество до европейских стандартов, а предприятия по очистке канализационных стоков перевести в разряд малоотходных.

Экономическая эффективность

Экономический эффект от принятого способа утилизации имеет место как в сфере дорожного строительства (снижение стоимости асфальтобетона), так и для предприятий Водоканала (предотвращение платежей за размещение отходов). Согласно расчету экономической эффективности, применение ОСВ в качестве наполнителя асфальтобетонной смеси на примере предприятия КП «Луганская МДПК-34», при годовом объеме производства $A_2=2600$ т, величина годового эконо-

мического эффекта в области дорожного строительства составит [5]:

$$\begin{aligned} \Delta_r &= (C_1 - C_2) \cdot A_c = \\ &= (17089,28 - 16390,52) \cdot 2600 = 33032 \text{ гривен.} \end{aligned}$$

Использование осадка сточных вод из отвалов хранения позволит заменить дорогостоящий компонент асфальтобетона - минеральный порошок, улучшить эксплуатационные качества асфальтобетонных на его основе, а также снизить стоимость производства одной тонны асфальтобетонной смеси на 12,70 гривен.

Согласно расчету, размер предотвращенного платежа для СБО г. Луганска за размещение отходов в окружающей природной среде составит [5]:

$$\begin{aligned} \Pi_{po} &= \sum_{s=1}^n [(H_{\sigma i} \cdot M_{li}) + (k_n \cdot H_{\sigma i} \cdot M_{ni})] \cdot k_m \cdot k_o \cdot k_{инд} = \\ &= 0,30 \cdot 82288 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2,373 = 527227,4 \text{ грн/год.} \end{aligned}$$

Суммарный экономический эффект составляет более 560 тыс. гривен.

Выводы

1. Повышение безотходности канализационных очистных сооружений и улучшение качества окружающей среды возможно путем внедрения новых подходов и технологий по вовлечению осадков сточных вод в хозяйственный оборот.

2. Для широкого практического использования предложенных способов утилизации ОСВ необходимо решить ряд организационно-правовых вопросов:

- внести изменения в Закон «Об отходах»;
- разработать технические условия на продукцию и провести ее сертификацию;
- подготовить обращение в Кабинет Министров и Министерство охраны окружающей природной среды с просьбой о разработке действенных механизмов и путей предоставления льгот по налогообложению прибыли, полученной от реализации продукции, изготовленной с использованием отходов и государственных субсидий на снижение процентов по банковским кредитам, направленных на реализацию проектов по утилизации отходов.

Литература:

1. Виноградова Н.Ф. Природопользование. - М., 1994.
2. Шаланда А.В. Утилизация осадков сточных вод очистных сооружений посредством компостирования. // Коммерческая биотехнология [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.cbio.ru>.
3. Кофман В.Я. Как поступают в Европе с осадками очистных сооружений канализации (обзор зарубежных изданий) // Водоснабжение и санитарная техника, 2013, №4. С. 18-24.
4. Дрозд Г.Я. Бизирка И.И. Вовлечение депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот // Водоснабжение и санитарная техника, №4. - Москва, 2013. С. 11-18.
5. Дрозд Г., Бреус Р., Бизирка И. Депонированные осадки городских сточных вод. Концепция утилизации. - LAP LAMBERT Academic Publishing / Германия, 2013, 153 с.
6. Орлов Д.С. Химия почв. - М.: Издательство МГУ, 1992. - 400 с.
7. Кононский А.И. Физическая и коллоидная химия / А.И. Кононский. - К.: «Высшая школа», 1989. - 311 с.
8. Котюк Ф.А. Технология удаления тяжелых металлов из осадков городских сточных вод. // Науковий вісник будівництва. - Харків:ХДТУБА, ХОТВ АБУ-2005. - Вип.32. - С.172-175.
9. Михайлов В.И., Кривоносова Н.Т. Технология производства керамических изделий на основе отходов промышленности. К., Будівельник, 1983г. - 80с.
10. Л.Б.Гезенцевей и др. Дорожный асфальтобетон, М.: Транспорт, 1985.-350 с.
11. Бреус Р.В., Дрозд Г.Я. Спосіб утилізації осадків міських стічних вод: Патент на корисну модель №26095. Україна. МПК С0271/52-1/56, 7С04В26/26 – №и200612901; Заявл. 06.12.2006; Опубл. 10.09.07, Бюл. №14.
12. Бреус Р.В., Дрозд Г.Я., Гусенцова Є.С. Асфальтобетонна суміш: Патент на корисну модель №17974. Україна. МПК С04В26/26 – №и200604831; Заявл. 03.05.2006; Опубл. 16.10.2006, Бюл. №10.
13. Погостнова О.А., Акулов А.М., Погостнов А.П., Дрозд Г.Я. Керамічна маса для виготовлення стінових виробів Деклараційний патент на корисну модель. Україна U 2005 04246/Опуб. 15.11.2005. Бюл. №11.
14. Бреус Р.В., Бізірка І.І., Дрозд Г.Я. Мінеральний порошок для асфальтобетонних сумішей Патент на корисну модель №84625. Україна. МПК С04В 26/26(2006.1). Опубл. 25.10.2013 р.в бюл. №20.

НОВОСТИ

Новосибирская ГЭС будет готова к пропуску паводка к 15 апреля

В филиале ОАО «РусГидро» - «Новосибирская ГЭС» создана паводковая комиссия. К прогнозируемому началу увеличения приточности в Новосибирское водохранилище - 15 апреля, гидростанция будет полностью готова к пропуску весеннего половодья. Сегодня Новосибирская ГЭС работает в соответствии с зимним режимом эксплуатации по утвержденному Верхне-Обским бассейновым водным управлением графику сработки водохранилища, обеспечивая сброс воды в нижний бьеф (реку Обь) около 850 м³/с.