

УДК 628.1

Г.Я.ДРОЗД, д-р техн. наук, Р.В.БРЕУС
Луганский национальный аграрный университет

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ОТХОДОВ ВОДООЧИСТКИ

Анализируются способы утилизации осадков сточных вод. Предложена технология использования осадков в производстве строительных материалов с обоснованием экологически безопасной и экономически рациональной области их использования.

Очистка сточных вод относится к многоотходной технологии, в которой образующийся осадок является крупнотоннажным отходом. Для оценки общего количества накопленных в Украине канализационных осадков исходят из условия образования 80 г/сут.чел. сухого вещества, что составляет на сегодняшний день примерно 50 млн. т отходов по сухому веществу или более 1 млрд. м³ по объему, при естественной влажности [1, 2].

Канализационные осадки классифицируются как малоопасные (IV класс) и размещаются открыто на иловых площадках, изымая из хозяйственного оборота сотни гектаров пригородных территорий и обостряя экологическую ситуацию.

Актуальность проблемы осадков-отходов отражена в ряде Законов Украины, обязывающих производителей отходов избавляться от них. При этом игнорируется сам факт отсутствия технологий по их утилизации [3]. Технологическая политика в области утилизации осадков городских сточных вод в настоящее время приобретает все большее значение для государств, которые намерены присоединиться к ЕС. Нормативные документы ЕС в области утилизации осадков намного жестче, чем в странах СНГ.

В табл.1 приведены основные способы утилизации осадков сточных вод (ОСВ), используемые в ЕС и в мировой практике [4]. Как следует из этой таблицы, в европейской практике наблюдается тенденция к ликвидации складирования осадков и увеличению доли их сельскохозяйственного использования.

Для сравнения, в Украине используется практически один способ утилизации – складирование (>95%) и менее 5% – в сельском хозяйстве. Это связано с тем, что качество отечественных осадков не удовлетворяет требованиям нормативов по содержанию тяжелых металлов,

регламентирующих использование осадков как удобрений (табл.2, 3).

Таблица 1 – Способы утилизации осадков сточных вод в странах ЕС

Способы утилизации	Объем в 1998 г., %	Прогноз на 2005 г., %
Складирование	48	10
Использование в сельском хозяйстве	32	45
Сжигание	13	38
Компостирование	2	7
Сброс в море	5	0

Таблица 2 – Требования к содержанию тяжелых металлов в осадках сточных вод, используемых для удобрений (мг/кг сухого вещества) в некоторых странах [1, 3]

Страна	Co	Ni	Sr	Cu	Zn	Pb	Cr ³⁺	Cd	Hg	Fe	Mn
Украина (ТУ 204 Укр. 76-93)	100	200	300	1500	2500	750	750	30	15	25000	2000
США	-	150	-	750	1500	500	500	50	-	-	-
Франция	20	100	-	1500	300	300	200	15	8	-	-
Германия	-	200	-	1200	3000	1200	1200	20	20	-	-
Австрия	-	100	-	500	2000	100	-	-	10	-	-
Нидерланды	-	50	-	500	2000	500	500	10	10	-	-
Швейцария	100	200	-	100	3000	1000	1000	30	10	-	-
Финляндия	100	500	-	3000	5000	1200	1000	30	-	-	3000
Директива ЕС № 86- 278	-	300- 400	-	1000- 1750	250 - 4000	750 - 1200	-	20 - 40	16 - 25	-	-

Таблица 3 – Химический состав осадков сточных вод г. Луганска

Характеристика органической и минеральной составляющей осадков, %											
Вид осадка	Орг. в-ва	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
Осадок 1990 г.	33,4	25,56	9,45	6,56	0,23	12,69	2,72	3,44	0,79	0,51	3,22
Осадок 2003 г.	61,1	14,0	4,41	3,47	0,25	9,18	0,39	3,44	0,52	0,58	3,24
Содержание тяжелых металлов в осадке сточных вод, мг/кг											
Вид осадка	Zn	Cu	Cr	Cd	Ni	Co	Mn	Pb			
Осадок 1990 г.	7149	1301	1834	1250	7164	125	554	274			
Осадок 2003 г.	611	277	214	57	391	7.7	358	111			

Кроме того, в Украине существуют определенные организационные трудности в определении дозы осадков как удобрений в зависимости от кислотности почвы, контроле за качеством почвы и растительной продукцией, а также отсутствие отечественных нормативов по областям применения осадков-удобрений, которые содержатся в нормативных документах и директивах стран ЕС (табл.4).

Таблица 4 – Допустимое содержание тяжелых металлов в почве (мг/кг)
по сухому веществу [4]

Показатель	Директива ЕС №86/278	Предложенные изменения в Рабочем документе по осадкам (ЕС)		
	6 < pH < 7	5 < pH < 6	6 < pH < 7	pH > 7
Cd	1-3	0,5	1	1,5
Cr	-	30	60	100
Cu	50-140	20	50	100
Hg	1-1,5	0,1	0,5	1
Ni	30-75	15	50	70
Pb	50-300	70	70	100
Zn	150-300	60	150	200

Директивные документы ЕС регламентируют применение ОСВ в зависимости от способа их переработки (обычной или углубленной) в следующих областях: пастбища, кормовые культуры, поля, выращивание фруктов и овощей, сады, виноградники, парки, зоны отдыха, леса, восстанавливаемые территории.

В ближайшее время Европейский Союз намерен внести изменения в директиву 86/278/ЕС по охране окружающей среды, особенно почвы, при использовании ОСВ в сельском хозяйстве. Единственным возможным способом переработки ОСВ остается термическая утилизация. Однако уже сейчас в директиве 2000/76/ЕС указаны очень жесткие нормативы по эмиссии вредных веществ в дымовых газах. В настоящее время вследствие очень высоких экономических затрат на сжигание ОСВ и особенно на очистку газовых выбросов, в Украине невозможно использовать современные термические способы утилизации ОСВ [1, 3].

Исходя из того, что основная опасность при складировании осадков заключается в миграции из них тяжелых металлов 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:

- пассивация тяжелых металлов – повышение щелочности осадков для снижения растворимости металлов;
- изоляция осадков водонепроницаемыми пленками;
- максимальное уплотнение осадков для снижения выщелачивания токсичных веществ, уменьшение фильтрационных и диффузион-

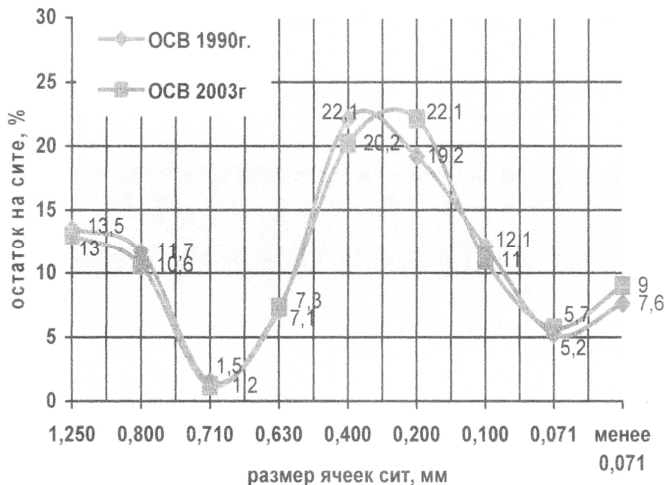
ных процессов;

- увеличение химической стойкости путем спекания и остекловывания частиц осадка;
- предотвращение увлажнения;
- комплексные мероприятия по изоляции осадков от окружающей среды.

По нашим данным, в Украине 2/3 объема накопленных осадков по своему химическому составу не могут быть использованы в сельском хозяйстве, а термическая их утилизация пока невозможна по экономическим соображениям.

Исходя из требований экобезопасности, нами предложен новый способ размещения осадков в окружающей среде, безвредный для нее и полезный для общества, – утилизация их в строительные материалы [4].

По физическому состоянию лежалые ОСВ представляют собой влажную несвязную порошкообразную массу, фракционный состав которой показан на рисунке.



Гранулометрический состав сухих осадков КОС г.Луганска 1990 и 2003 гг. образования

pH водной среды осадков очистных сооружений г.Луганска находится в пределах 6,8-7,2. Минеральная часть старых осадков, химический состав которых приведен в табл.3, составляет 60-80%.

Цель наших исследований – разработка составов и технологий производства строительных материалов с обоснованием экологически

безопасной и экономически рациональной области их использования.

Исходя из минимизации миграции вредных веществ в окружающую среду, воспользуемся положением о максимальном уплотнении массы осадка с одновременной изоляцией частиц водонепроницаемыми пленками, которые одновременно выполняют следующую функцию. Если в качестве пленкообразователя использовать органические вяжущие, в частности, битум, то этим требованиям наиболее полно удовлетворяет асфальтобетон. Этот же материал определяет и наиболее рациональную область его использования – дорожную одежду.

Проведенными исследованиями установлено, что асфальтобетон состава Щ=25-30%, П=63-68%, наполнитель – ОСВ=7-9%, вяжущее – битум БНД 60/90 удовлетворяет требованиям ДСТУ Б В.2.2-119-2003 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон дорожный и аэродромный. Технические условия» и имеет следующие характеристики (табл.5):

Таблица 5

Характеристики		Требования ДСТУ Б В.2.2-119-2003
Объемный вес, т/м ³	2,27	2,2 - 2,4
Водонасыщение, %	2,98	2,5 - 6,0
Набухание, %	0,7	< 1,5
Сопrotивление сжатию, кг/см ²		
	R ₂₀ ⁰ = 26,20	> 20
	R ₅₀ ⁰ = 12,10	> 11
	R _{вод} = 23,10	-

Коэффициент диффузии ионов тяжелых металлов из асфальтобетона находится в диапазоне $(2,5-2,8) \cdot 10^{-14}$ м²/с.

Полупромышленная апробация проведена на строящейся местной дороге в г.Счастье при устройстве дорожного покрытия.

Технология приготовления асфальтобетонной смеси с наполнителем из ОСВ и производство укладки дорожной одежды – традиционные.

Способ утилизации защищен авторским свидетельством. Экономическая эффективность заключается в снижении стоимости 1 м³ асфальтобетона на 4-6% за счет замены минерального порошка на ОСВ. Экологическая эффективность – в снижении платы за размещение отходов.

Представляет интерес замена второй составляющей дорожной одежды – битума на отход коксохимической промышленности – деготь. Это даст возможность объединить в одном строительном материале два вида отходов.

Другая отрасль применения осадков – использование их в строительной керамике. Это модификация существующего способа сжига-

ния, в котором устраняется проблема дальнейшей утилизации золы, путем ее спекания и формовки строительного камня.

В лабораторных условиях эксперименты проводились на двух-сырьевых компонентах: глине Алчевского карьера и отходах углеобогащения. Выгорающими добавками служил в обоих случаях осадок канализационных очистных сооружений г.Луганска.

Образцы формовали одинаковой пластичности. Сушку производили по режиму:

- подъем температуры до 90° – 4 ч;
- сушка при температуре 90° – 2 ч;
- снижение температуры до 30° – 2 ч.

Образцы обжигали при температуре 850°С по режиму 1,5+2+3 часа.

Таблица 6 – Основные свойства керамического черепка

№ п/п	Содержание осадка, %	Средняя плотность, $\rho_{ср}$, кг/м ³	Пористость, Π_0 , %	Теплопроводность, λ , Вт/мК	Предел прочности при сжатии, $R_{сж}$, МПа
1	Без добавки	2,08	16,4	0,99	12,2
2	10	2,00	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	9,40
7	60	1,50	40,0	0,67	9,25
8	70	1,41	43,5	0,62	9,00
9	80	1,28	48,8	0,55	8,75

Опытно-промышленная партия керамического кирпича выпущена на Луганском кирпичном заводе. Сырьевая масса – отходы углеобогащения Луганской ЦОФ – 70% и ОСВ – 30%.

Характеристика полученного кирпича: $R_{пр}=120-175$ кг/см², морозостойкость 15-25 циклов, что соответствует требованиям стандарта ДСТУ Б В.2.7-42-97.

Тяжелые металлы в процессе высокотемпературного обжига остекловываются, что делает кирпич экологически чистым и безопасным материалом.

Регулируя количество добавки ОСВ и качество сырьевой смеси, можно получать различные виды строительной керамики с заданными полезными свойствами. Перспективным является получение керамзита, необходимого как в строительстве, так и в самих технологиях очистки воды и газа.

Успешное решение проблемы утилизации осадков сточных вод важно не только с экологической точки зрения, но оно определяет и

уровень цивилизованности государства.

Уровень технологии предприятий по очистке сточных вод может быть определен по значению коэффициента безотходности – K_B :

$$K_B = 0,33(K_B^T + K_B^Ж + K_B^Г),$$

где $K_B^T, K_B^Ж, K_B^Г$ – коэффициенты использования твердой, жидкой и газовой фазы осадков.

Из регионального опыта

$$K_B = 0,33[(0-1) + (5-40) + 1] = 2-14\%.$$

Исходя из того, что безотходным технологиям соответствует $K_B \geq 95\%$,

$K_B = 75-94\%$ – малоотходные;

$K_B < 75\%$ – многоотходные технологии,

то при увеличении K_B^T до 100 отечественные многоотходные технологии будут переведены в разряд малоотходных.

Однако это возможно только при согласованных действиях всех заинтересованных участников: производителей отходов, производителей стройматериалов, при содействии санитарных, экологических организаций и органов местного самоуправления.

1.Абрамович И.А. Утилизация сточных вод. – К.: Оригинал, 1993. – 278 с.

2.Гироль Н.И., Журба М.Г. Доочистка сточных вод. – К.: Левобережное, 1998. – 92 с.

3.Дрозд Г.Я. Надежность канализационных сетей // Водоснабжение и санитарная техника. – 1995. – №10. – С.2-4.

4.Запольский А.К., Брык М.П., Гвоздяк П.И. Физико-химические основы технологии очистки сточных вод. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.

Получено 18.04.2005

УДК 628.3

С.С.ДУШКИН, д-р техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОСАДКОВ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Исследуется механизм образования и физико-химических показателей осадков и возможность их обработки и утилизации в зависимости от технологической схемы очистки природных и сточных вод.

Большое разнообразие осадков, образующихся в процессе очистки природных и сточных вод различного исходного качества, обуслов-