

2004. – 704 с.

3. Душкин С.С., Благодарная Г.И. Ресурсосберегающая технология очистки природных вод // Материалы трех академических чтений, проведенных в ПГУПСе. – СПб.: ООО «Издательство «ОМ-Пресс», 2006. – С. 7-8.

Получено 16.10.2006

УДК 628.1.169 : 624.138

Г.Я. ДРОЗД, д-р техн. наук, В.В. ЧУРА

Луганский национальный аграрный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЛЕЖАЛЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ПОЗИЦИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАК ГРУНТОВ

Приводятся результаты исследования физико-механических, прочностных и деформационных свойств лежалых осадков с позиций грунтов и выдвинута гипотеза об их использовании в строительстве.

Сегодня в Украине остро стоит вопрос утилизации возрастных – складированных осадков сточных вод IV класса опасности, объем которых в стране при естественной влажности приближается к 1 млрд. т [1].

На пути нашей страны в ЕС одной из актуальнейших проблем является экологическая, в частности решение вопроса утилизации накопленных осадков сточных вод [2].

Данная работа выполняется в рамках государственной программы охраны окружающей среды – 4-е направление НИР Министерства образования и науки Украины.

В мировой практике существуют такие основные способы утилизации осадков: складирование, сжигание, сельскохозяйственное использование и сброс в море [2]. При этом объемы складирования и сжигания ограничиваются законодательством, сброс в море запрещен и предпочтение отдается технологиям сельскохозяйственного использования осадков [3].

Ряд публикаций свидетельствует о том, что возможно еще одно направление утилизации осадков – использование их в качестве сырьевого компонента при производстве строительных материалов [4, 5]. Исходя из этой информации, можно предположить, что осадки могут быть использованы в качестве оснований и обратной засыпки в строительстве, при условии снижения в них концентрации тяжелых металлов путем смешивания с другими видами грунтов. При этом должны повыситься деформационные показатели нового почво-грунта.

Целью работы является исследование свойств осадков и грунтов на его основе с позиций почво-грунтов и определение наиболее пер-

спективных направлений по их использованию.

Исследованы физико-механические и деформационные свойства [1, 2] “лежалых” осадков Луганских СБО в соответствии с [6, 7]. Санитарно-гигиенические критерии взяты из [8-10].

Исследовались осадки СБО г.Луганска, хранящиеся с 1995 г. (табл.1).

Таблица 1 – Химический состав осадков, %

Вид осадка	Объем, т	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.
Осадок Октябр. СБО	50000	46,4	10,1	9,1	0,4	1,94	6,1	1,8	0,94	0,8	1,6	21,1
Осадок Вергунской СБО	15000	16,7	7,7	7,2	0,15	1,94	11,4	3,9	0,62	0,3	3,59	46,4
Песко-площадка	17000	62,46	6,93	12,35	0,64	0,97	4,32	0,3	0,87	0,63	0,72	10,1

По методикам [6, 7] были определены основные физико-механические свойства осадков.

Токсикологическую опасность осадки представляют за счет наличия в них тяжелых металлов [10].

Если проводить сравнение осадков сточных вод с грунтами, то наиболее подходящая классификация для них – искусственные грунты: уплотненные в природном залегании, насыпные и намывные [11, 12]. Условно осадки можно поместить в категорию насыпных.

Для анализа осадков с позиций грунтов были определены физические показатели трех видов осадков: №1 и №2 соответственно с буртов Октябрьской и Вергунской СБО и №3 – песок с пескоплощадок. По таблицам [12, 13] расчетным путем определены характеристики грунта с использованием данных табл.2. По предварительной оценке способности пылевато-глинистых грунтов (образцы №1 и №2) к просадочным и набухающим явлениям установлено, что они являются просадочными и ненабухающими, образец №3 – песок рыхлый. Модуль деформации и коэффициент сжимаемости были определены по результатам компрессионных испытаний грунтов в лабораторных условиях на компрессионном приборе – одометре типа К-1М.

В лабораторных условиях имитировали поверхностное уплотнение, нагрузка составила 1 кг/см². Результаты компрессионных испытаний ОСВ (образцы №1, №2 и №3) приведены в табл.3.

По результатам компрессионных испытаний исследуемые образцы относятся к слабым грунтам, так как модуль деформации $E \leq 5$ МПа [12, 13].

В лабораторных условиях выполнено разбавление (смешивание) осадка №1 с грунтами и отходом – песком, шлаком и глиной. В экспе-

риентах были применены шлак доменный гранулированный Алчевского металлургического комбината, местный песок и глина. Насыпная плотность песка $\rho=1,47$ г/см³, истинная плотность $\rho_s=2,56$ г/см³, модуль крупности $M_K=1,9...2,0$. Насыпная плотность шлака $\rho=1,31$ г/см³, истинная плотность $\rho_s=2,68$ г/см³, модуль крупности $M_K > 2$. Насыпная плотность глины $\rho=1,04$ г/см³, истинная плотность $\rho_s=2,55$ г/см³, влажность $W=19,05\%$, влажность на границе пластичности $W_p=20,09\%$, влажность на границе текучести $W_L=30,43\%$. В табл.4 приведены результаты компрессионных испытаний песка, шлака и глины в естественном состоянии и после дополнительной нагрузки $P=1$ кг/см².

Таблица 2 – Физико-механические характеристики ОСВ г.Луганска

Наименование показателя	Значение
1. Влажность, % W	23,15-69,5
W_1	66,67-97,37
W_p	51,67-77,3
W_p (для песка с пескоплощадок)	–
2. Удельный вес, г/см ³	2,19-2,56
3. Насыпная плотность, г/см ³	0,74-0,91
4. Гранулометрический состав, %	>50 мм - 0,15-0,5 50-0,1 мм - 2,45-46,15 0,1-0,05 мм - 0,21-41,44 0,05-0,01 - 15,81-55,6 0,01-0,00 мм - 4,42-25,08
5. рН водной вытяжки, ед.	6,98-7,55

Таблица 3 – Результаты компрессионных испытаний ОСВ

Вид осадка	№1	№2	№3
В естественном состоянии, Е в МПа	2,53	1,97	1,74
Коэффициент сжимаемости a в естественном состоянии, МПа ⁻¹	0,56 средней сжимаемости	0,96 средней сжимаемости	1,03 сильносжимаемый
После уплотнения $P=1$ кг/см ² , Е в МПа	3,7	3,87	6,66
Коэффициент сжимаемости a после уплотнения $P=1$ кг/см ² , МПа ⁻¹	0,46 средней сжимаемости	0,58 средней сжимаемости	0,34 средней сжимаемый

Разбавление осадка производили тремя способами: осадок : песок, осадок : шлак, осадок : глина. Во всех вариантах соотношения осадок/грунт (о/г) составили 3:1, 1:1 и 1:3. Результаты испытаний приведены на рис.1.

Таблица 4 – Результаты компрессионных испытаний грунтов

Вид грунта	Песок	Шлак	Глина
В естественном состоянии, E в МПа	13,4	29,24	2,27
Коэффициент сжимаемости a в естественном состоянии, МПа ⁻¹	0,13 средней сжимаемости	0,074 слабосжимаемый	0,44 средней сжимаемости
После уплотнения, E в МПа	36,6	34,0	2,95
Коэффициент сжимаемости a после уплотнения P=1 кг/см ² , МПа ⁻¹	0,03 слабосжимаемый	0,057 слабосжимаемый	0,45 средней сжимаемый

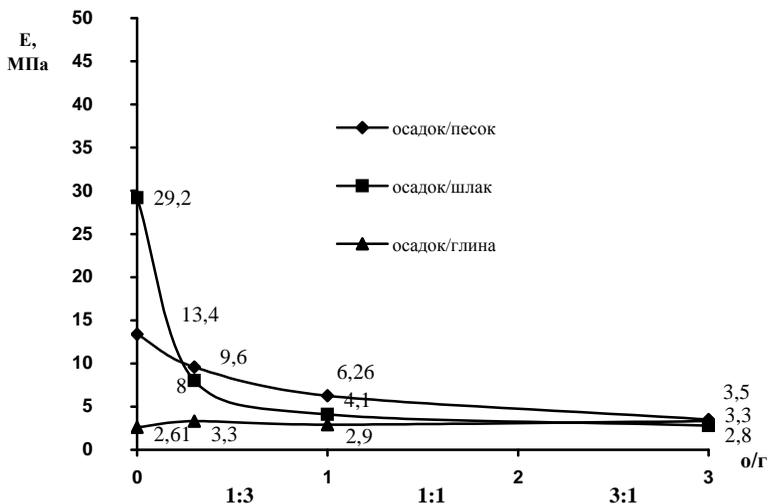


Рис. 1 – Зависимость модуля деформации E от различных соотношений осадок/грунт (о/г) в естественном состоянии

Анализируя эти зависимости, можно утверждать, что при повышении концентрации осадка наблюдается снижение модуля деформации в смесях с песком (с $E=13,4$ до $E=3,5$ МПа) и шлаком (с $E=29,2$ до $2,8$ МПа). Это вызвано увеличением коэффициента пористости $e>1$ и понижением плотности за счет образования дополнительных пор и пустот при перемешивании глинистых и песчаных материалов. Модуль деформации смеси осадок/глина при различных концентрациях остается относительно на одном уровне: $E = 2,8...2,61$ МПа, что объясняется неоднородностью глины и осадка и, как следствие, неравномерным и частичным перемешиванием, высокой влажностью (глина находится в пластичном состоянии $W=19,05\% \approx W_p=20,09\%$), наличием

большого количества связанной воды в материалах. К тому же глина и осадок имеют низкие показатели модуля деформации в естественном состоянии.

Деформационные характеристики смесей осадок/песок и осадок/шлак существенно возросли. Данная тенденция обусловлена более плотной упаковкой материала (глинистый материал + песчаный материал), что повлекло за собой снижение коэффициента пористости e и увеличение плотности смеси, а также то, что песок и шлак выполняют роль заполнителя с более высокими прочностными характеристиками. Модуль деформации песка и шлака в чистом виде значительно превосходит показания при компрессионных испытаниях этих материалов в рыхлом состоянии, так как стабилизация осадки (деформация образцов) частично произошла еще на стадии предварительного нагружения.

Показатели образцов осадок/глина в различных концентрациях остаются относительно стабильными. По сравнению с испытаниями, проведенными в первом опыте, прослеживается незначительное возрастание модуля деформации, что объясняется частичным снижением пористости смесей осадок/глина.

Для подтверждения выявленной зависимости, что предварительное уплотнение способствует повышению деформационных характеристик, проведено испытание смесей с предварительным нагружением $P=3 \text{ кг/см}^2$. Результаты испытаний представлены на рис.2.

Полученные данные свидетельствуют о возрастании модуля деформации смесей осадок/песок и осадок/шлак в различных концентрациях по сравнению с предыдущими испытаниями. Характеристики песка и шлака в чистом виде существенно не отличаются от полученных при нагружении $P=1 \text{ кг/см}^2$, так как, вероятно, стабилизация осадки частично произошла при этом нагружении, а завершилась на этапе уплотнения $P=3 \text{ кг/см}^2$. Смесей осадок/глина улучшили свои показатели с $E=3,82 \text{ МПа}$ до $E=6,07 \text{ МПа}$ и независимо от концентраций остаются относительно на одном уровне (от $E=5,71 \text{ МПа}$ до $E=6,07 \text{ МПа}$).

Таким образом, метод разбавления осадков сточных вод различными видами грунтов с целью снижения концентрации тяжелых металлов, позволяет получить полезный продукт – искусственный грунт. Предварительное поверхностное уплотнение искусственных грунтов на основе осадков способствует улучшению их деформационных характеристик. По результатам деформационных испытаний можно утверждать о возможности использования их в строительстве как грунт для обратной засыпки, основания для дорог, насыпей, площадок либо вертикальной планировки при создании искусственного ландшафта.

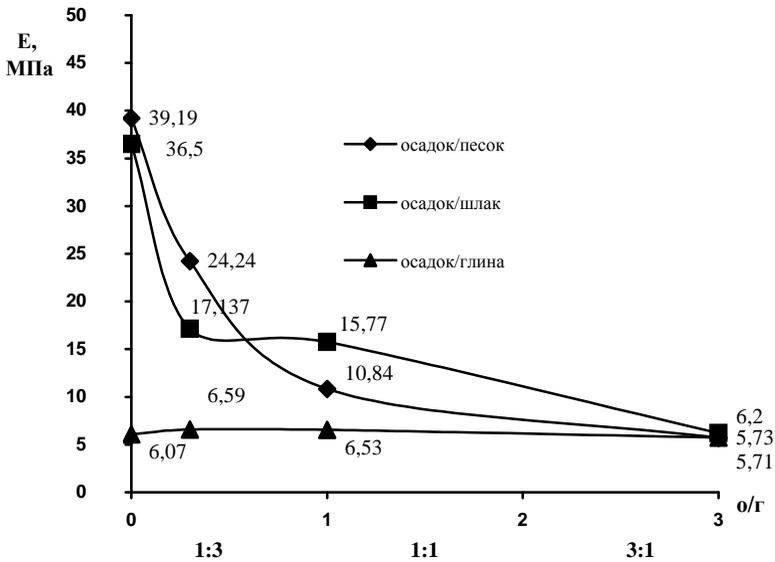


Рис. 2 – Зависимость модуля деформации E от различных соотношений осадок/грунт (о/г) при дополнительной нагрузке P = 3 кг/см²

1. Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н. Технично-економические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод. – Донецк: НЭП НАН Украины, 2001. – 340 с.

2. Паенк Т. Законодавство ЕС в области утилизации осадков // ВСТ. – 2003. – №1. – С.37-41.

3. Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1988. – 248 с.

4. Дрозд Г.Я., Матвеева И.В., Погостнова О.А., Бреус Р.В. Использование осадков сточных вод при производстве строительных материалов (новое направление утилизации ОСВ) // Зб. наук. праць Луганського національного аграрного університету. Серія "Технічні науки". Вип.41 (53). – Луганськ: ЛНАУ, 2004. – С. 3-13.

5. Дрозд Г.Я., Бреус Р.В., Погостнова О.А., Чура В.В. Решение проблемы утилизации осадков сточных вод // Вісник ДНАБА "Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві". Вип 6 (54). – Макіївка, 2005. – С. 24-32.

6. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 23 с.

7. Слюсаренко С.А. Механика грунтов. – К.: Высшая школа, 1982. – 88 с.

8. ДСанПіН 2.27.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх небезпеки для здоров'я населення. Затверджено МОЗ України 01.07.1999 р.

9. Добриво з осадів стічних вод. Технічні умови. ТУ 204 України 76-93 / Держ. ком. України по житлово-комунальному господарству. – Харків, 1994. – 16 с.

10. Громова Н.Г., Южина А.С., Вашкулат Н.П. Современные санитарно-гигиенические и токсикологические требования к осадкам сточных вод крупных промышленных городов при их сельскохозяйственном использовании (ТУ 204 Украины 76-

- 93) // Сб. докл. Междунар. конгресса “ЭТЭВК-99”. – Ялта, 1999. – С. 250-252.
11.ГОСТ 25100-82. Грунты. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 9 с.
12.Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01 – 83). – М.: Стройиздат, 1986. – 416 с.
13.СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1985. – 51 с.

Получено 09.10.2006

УДК 628.1.169 : 625.852

Р.В.БРЕУС

Луганский национальный аграрный университет

ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ЛЕЖАЛЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В АСФАЛЬТОБЕТОН

Рассматривается технологическое описание процесса утилизации осадков сточных вод в асфальтобетон.

В технологических процессах любого производства возникает проблема образования и накопления отходов. С точки зрения экологической безопасности, основной задачей производителей отходов является их минимизация путем ликвидации или утилизации, а также снижение степени опасности или обезвреживание образующихся отходов. Идеальным решением данной проблемы, является создание замкнутого цикла производства, при котором образующиеся отходы одних производств, будут использоваться как вторичное сырье для других, т.е. утилизироваться, решая при этом проблему накопления отходов и сокращая использование исчерпываемых природных ресурсов.

Осадки сточных вод (ОСВ) очистных сооружений представляют собой отдельный вид отходов, образование которых в условиях крупных городов составляет порядка одной трети общего количества отходов производства и потребления. В Украине, в пересчете на сухое вещество, накоплено более 50 млн. т с ежегодным пополнением в 1 млн. т ОСВ [1].

Примером утилизации ОСВ может служить технология производства асфальтобетона, которая позволяла бы быстро получать реальные экономические и социально-экологические результаты при минимальных затратах. Сущность разработанной технологии заключается в том, что специально подготовленный отход (осадок) используется в качестве наполнителя (минерального порошка) при производстве асфальтобетона.

Цель настоящей работы – разработка технологии для экологически безопасного способа утилизации осадков сточных вод в асфальто-