ВСЕСОЮЗНЫЙ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАНАЛИЗАЦИИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ
(ВНИИ ВОДГЕО) Госстроя СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

по использованию отходов углеобогащения для строительства плотин

Москва — 1985

gost.e-ecolog.ru

Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт водоснабжения,
канализации, гидротехнических сооружений и инженерной
гидрогеологии (ВНИИ ВОДГЕО) Госстроя СССР

УТВЕРЖДЕНЫ
ДИРЕКТОРОМ ВНИИ ВОДГЕО
чл.-корр. АН СССР С.В.Яковлевым

II марта 1985 г.

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛОТИН

Москва - 1985

УДК 627.8.002.68
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛОТИН
М., ВНИИ ВОДГЕО, 1984 г. 35 с. (Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии Госстроя СССР)

В рекомендациях рассмотрены особенности проектирования и строительства плотин из отходов обогащения каменных углей и антрацитов. Дана инженерно-геологическая классификация отходов углеобогащения, рассмотрены методические особенности определения их физико-механических характеристик, приведены сведения о сопротивлении сдвигу, деформируемости и водопроницаемости; даны рекомендации по выбору рациональных конструкций плотин из рассматриваемого материала, выбору оптимальных параметров уплотнения при укладке в сооружение, геотехническому контролю в процессе строительства.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций.

Рекомендации разработаны в лаборатории плотин из грунтовых материалов ВНИИ ВОДГЕО ст.н.с., к.т.н. Н.Н.Розановым.

Рекомендации публикуются в соответствии с решением секции гидротехнических сооружений НТС ВНИИ ВОДГЕО от 31.10.1984 г. и редакционно-издательского совета института.

Научный редактор рекомендаций - д.т.н. В.Г.МЕЛЬНИК

(С) ВНИИ ВОДГЕО, 1985

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ежегодно направляется в отвалы и не находит применения в народном хозяйстве более 120 млн.т. отходов с углеобогатительных фабрик (ОФ) Минуглепрома СССР и Минчермета СССР. Отвалы отходов углеобогащения занимают значительные полезные площади, нарушают природный ландшафт, при самовозгорании ухудшают санитарно-гигиенические условия окружающей среды.

Между тем именно в тех районах, где накоплены огромные запасы отходов углеобогащения, нередко ощущается острый недостаток в грунтовых материалах для возведения плотин.

В связи с этим использование отходов углеобогащения для строительства плотин является весьма актуальным и перспективным как с точки зрения получения в ряде промышленных районов страны дешевого строительного материала в практически неограниченном количестве, так и для решения проблемы охраны окружающей среды.

До недавнего времени применение отходов углеобогащения в гидротехническом строительстве сдерживалось отсутствием исследований их физико-механических характеристик и строительных свойств.

Первые систематические исследования в этом направлении проведены в лаборатории плотин из грунтовых материалов ВНИИ ВОДГЕО в 1975-1984 гг. При проведении этой работы большая помощь в разработке инженерно-геологической классификации отходов углеобогащения, а также в получении образцов материала с характерных углеобогатительных предприятий была оказана Украинским научно-исследовательским углехимическим институтом Минчермета СССР и институтом горючих ископаемых Минуглепрома СССР.

Результаты этих исследований были использованы при проектировании и строительстве плотин из отходов углеобогащения ОФ Авдеевского и Енакиевского КХЗ, ЦОФ Селидовская, ЦОФ Октябрьская (Донецкий бассейн), ГОФ Капитальная (Печорский бассейн). В период с 1978 по 1984 гг. из отходов углеобогащения указанных обогатительных фабрик были построены плотины общим объемом более 2 млн. $м^3$.

Имеющийся опыт научно-исследовательского обоснования, проектирования и строительства плотин из отходов углеобогащения систематизирован и обобщен в настоящих рекомендациях. При составлении данной редакции рекомендаций учтены замечания и пожелания следующих специалистов: д.т.н. В.Г.Мельника, к.т.н. В.М.Павилонского (ВНИИ ВОДГЕО), В.И.Савина, М.А.Лазовского (Союзводоканалпроект), Ф.Г.Грушина (Донецкое отделение Союзводоканалпроекта).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие рекомендации предназначены для проектирования и строительства насыпных плотин из отходов обогащения смесей рядовых углей для коксования, а также энергетических каменных углей и антрацитов (породы), получаемых на обогатительных фабриках (ОФ), входящих в системы Минчермета СССР и Минуглепрома СССР.

Примечание: рекомендации не распространяются на использование для строительства плотин отходов флотационного обогащения - флотохвостов.

I.2. Отходы углеобогащения представляют собой смесь осадочных пород, частиц угля и угольно-минеральных сростков, т.е. являются органоминеральными соединениями. В состав отходов углеобогащения могут входить в различных соотношениях в зависимости от района добычи угля представители всех трех основных генетических групп осадочных пород: глинистые породы (глины, аргиллиты, сланцы), обломочные породы (алевролиты, песчаники), карбонатные породы химического происхождения, часто с примесью пирита (известняки, кальциты, сидериты). Содержание органической массы в отходах углеобогащения может достигать 10-15% и более.

По физическому состоянию отходы обогащения углей на выходе с ОФ представляют собой щебенистый материал крупностью до 100-200 мм с преимущественным содержанием фракций 5-40 мм.

Различная степень метаморфизма и разнообразный минералогический и химический состав осадочных пород, слагающих подошву и кровлю угольных пластов, обусловливают большое колебание физико-механических характеристик отдельных зерен (кусков) породы идущей в отвал.

Большая часть зерен отходов углеобогащения не морозостойка и не водостойка (коэффициент размягчения колеблется в пределах 0,25-0,85); их плотность, в зависимости от содержания окислов кремния, алюминия и железа, может меняться в широких пределах: от 2,2 г/см^3 до 2,3 г/см^3.

I.3. Основными показателями, характеризующими строительные свойства отходов углеобогащения, являются минералогический состав, пластичность и содержание глинистых пород, содержание угля и серы, зерновой состав. Инженерно-геологическая классификация отходов углеобогащения представлена в таблице I. Каждому классификационному показателю присвоено индексное обозначение.

Таблица I. Классификация отходов углеобогащения

Классификационный признак	Группы	Обозначение
Петрографическая характеристика (содержание глинистых пород)	А. Глинистые	IА
	а) малоглинистые (< 60%)	IАа
	б) среднеглинистые (60-70%)	IАб
	в) высокоглинистые (> 70%)	IАв
	Б. Песчаные	IБ
	В. Карбонатные	IВ
Минералогическая характеристика глинистых отходов	А. Каолинитовые	2А
	Б. Гидрослюдистые	2Б
	В. Монтмориллонитовые	2В
Пластичность мелкозема (число пластичности $W_п$, %)	А. Непластичные ($W_п$=0)	3А
	Б. Малопластичные ($W_п$<7)	3Б
	В. Пластичные ($W_п$≥7)	3В
Термическая характеристика	А. Горелые	4А
	Б. Горящие	4Б
	В. Негорелые	4В
Степень выветрелости (содержание частиц размером < 2 мм)	А. Маловыветрелые (< I5%)	5А
	Б. Умеренновыветрелые (I5-30%)	5Б
	В. Выветрелые (30-50%)	5В
	Г. Сильновыветрелые (> 50%)	5Г
Содержание органического углерода (С,%)	А. Малоуглеродистые (< I0%)	6А
	Б. Среднеуглеродистые (I0-20%)	6Б
	а) I0-I5%	6Ба
	б) I5-20%	6Бб
	В. Сильноуглеродистые (> 20%)	6В
Содержание серы (S,%)	А. Малосернистые (< 2%)	7А
	Б. Среднесернистые (2-5%)	7Б
	В. Высокосернистые (> 5%)	7В

Примечание: отходы углеобогащения с преимущественным содержанием песчаных (1Б) или карбонатных (IВ) пород встречаются на практике редко. Особенности использования этих разновидностей материала для строительства плотин в настоящих рекомендациях не рассматриваются.

I.5. Для строительства плотин могут быть использованы негорелые и горелые отходы различной степени выветрелости как непосредственно с углеобогатительных фабрик (текущий выход), так и из отвалов. Материал следует укладывать в тело плотины без сортировки и ограничений по зерновому составу.

При использовании материала различной степени выветрелости может быть предусмотрена зонированная укладка: поперечный профиль сооружения должен быть разбит на зоны, в каждую из которых отсыпают отходы углеобогащения определенного зернового состава.

I.6. При укладке в низовую призму плотины маловыветрелых отходов углеобогащения с содержанием органического вещества более 15% и серы более 2% (группы 6Еб,6В,7Б,7В), сохраняющих после уплотнения пористость более 35%, для предотвращения самопроизвольного возгорания следует предусматривать устройство на низовом откосе покрытия из маловоздухопроницаемого материала (выветрелые хорошо уплотняющиеся отходы углеобогащения, глинистые грунты) толщиной 0,5-I,0 м и защиту такого покрытия от эрозии.

I.7. Отходы углеобогащения могут быть использованы для строительства как объектов промышленной гидротехники (плотины и ограждающие дамбы шламонакопителей, отстойников, прудов-охладителей и т.п.), так и плотин хозяйственно-питьевого назначения (при соответствии качества воды, контактирующей с отходами углеобогащения, требованиям соответствующих стандартов /I8/).

I.8. Целесообразность использования отходов углеобогащения для отсыпки плотин того или иного назначения должна быть обоснована технико-экономическими расчетами.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛОТИН ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ

2.I. При проектировании плотин из отходов углеобогащения следует руководствоваться указаниями главы СНиП 2.06.05-83 "Плотины из грунтовых материалов. Нормы проектирования"/I/.

2.2. К плотинам, отсыпанным из отходов углеобогащения, предъявляют следующие основные требования /2/:

а) заложения откосов должны быть такими, чтобы обеспечивалась устойчивость сооружения и его основания при всех возможных сочетаниях нагрузок и воздействий в период строительства и в процессе эксплуатации;

б) откосы и гребень плотины должны иметь покрытия, защищающие

их от волновых,ледовых и атмосферных воздействий;

в) строительные и эксплуатационные деформации плотины и её отдельных элементов не должны нарушать нормальной работы сооружения;

г) фильтрационные расходы через плотину не должны превышать допустимых пределов,исходя из условия обеспечения водного баланса;

д) дренажные устройства должны обеспечивать сбор и организованный отвод фильтрующейся воды и предотвращать фильтрационные деформации в теле плотины и основании.

2.3. Конструкцию и размеры поперечного профиля проектируемой плотины назначают на основании следующих основных расчетов: устойчивости откосов,фильтрации,фильтрационной прочности тела плотины и основания,прочности креплений откосов на волновые и ледовые воздействия. Для плотин I и II классов в случаях оговоренных в СНиП 2.06.05-83 дополнительно проводят расчеты порового давления консолидации,напряженно-деформированного состояния,проверку трещиноустойчивости сооружения.

2.4. Для предварительной оценки строительных свойств отходов углеобогащения определяют следующие классификационные показатели: минералого-петрографическую характеристику,степень выветрелости (содержание мелкозема размером менее 2 мм), пределы пластичности мелкозема глинистых пород,содержание органического углерода и серы.

2.5. Для проведения расчетов определяют следующие характеристики отходов углеобогащения /3-15/.

I. Основные физические показатели: плотность частиц материала плотность сложения сухого материала в предельно плотном состоянии,проектную плотность сухого материала при укладке в сооружение естественную влажность,зерновой состав. В случае необходимости дополнительно определяют временное сопротивление сжатию и коэффициент размягчения материала отдельных зерен,характеристики водопоглощения,размокаемости и морозостойкости,содержание водорастворимых солей.

2. Характеристики деформируемости: параметры,описывающие компрессионные кривые воздушносухого и водонасыщенного материала. В случае необходимости определяют также модули деформации,коэффициенты Пуассона,бокового давления,порового давления.

3. Прочностные характеристики: угол сдвига в зависимости от величины напряжений (высоты плотины), сцепление на разрыв.

4. Характеристики водопроницаемости и фильтрационной прочности: коэффициент фильтрации, разрушающие градиенты при различных видах фильтрационных деформаций (суффозии, выпоре, контактном размыве).

Примечание: экспериментальное определение деформативных, прочностных и фильтрационных характеристик в лабораторных условиях производят при плотности сложения образцов, соответствующей проектной плотности укладки материала в плотину с учетом требований п.п.2.7-2.II.

2.6. Расчетные значения физико-механических отходов углеобогащения устанавливают с учетом возможного изменения зернового состава материала в процессе эксплуатации водоподпорных сооружений (п.2.8) на основании статистической обработки результатов лабораторных и полевых опытов в соответствии с требованиями главы СНиП II-I5-74 и других нормативных документов /3,4,6/.

Примечание: при проектировании плотин Ш-IУ классов расчетные характеристики отходов углеобогащения допускается принимать на основании определения классификационных показателей (п.2.4) - по результатам исследований аналогичных разновидностей материала (п.п. 2.2I, 2.22, 2.26, 2.28).

Особенности определения физико-механических характеристик

2.7. Глинистые негорелые отходы углеобогащения, в отличии от традиционно применяемых для строительства плотин грунтовых материалов, обладают способностью существенно изменять свои физико-механические характеристики за счёт разбухания и разрушения под действием факторов физического выветривания - в поверхностных зонах и, главным образом, химического разложения при взаимодействии с водой в пределах всего профиля водоподпорного сооружения. В результате воздействия указанных факторов содержание мелкозема в глинистых отходах углеобогащения, первоначально представляющих собой щебенистый материал, резко возрастает (см.п.2.I7).

2.8. В связи с изложенным в п.2.7 необходимо различать "начальное" состояние материала, в котором он укладывается в плотину и "конечное" состояние, к которому он может придти в процессе эксплуатации, ориентировочно за 5-I0 лет (о зерновых составах негорелых глинистых отходов углеобогащения в начальном и конеч-

ном состоянии см. пп. 2.I4,2.I5,2.I7).

Плотины из глинистых негорелых отходов углеобогащения следует проектировать по одному из двух принципов: допуская взаимодействие материала с водой и его выветривание в процессе эксплуатации сооружения (I принцип) или предусматривая специальные защитные мероприятия,обеспечивающие сохранение материала в начальном состоянии в течение всей эксплуатации сооружения (II принцип).

При проектировании плотин по I принципу расчетные характеристики сопротивления сдвигу,определяющие заложения откосов сооружения,устанавливают применительно к конечному состоянию материала (с учетом их уменьшения в процессе эксплуатации);характеристики сжимаемости - применительно к начальному состоянию (имея в виду, что основная часть деформаций происходит в сравнительно короткий промежуток времени - при нарастании нагрузки от вышележащего грунта в процессе строительства сооружения и при наполнении водохранилища); фильтрационные характеристики определяют как для начального,так и для конечного состояния материала,что дает возможность назначить параметры дренажных устройств и прогнозировать уменьшение водопроницаемости в процессе эксплуатации.

При проектировании плотин по II принципу прочностные,деформативные и фильтрационные характеристики определяют применительно к начальному состоянию материала.

2.9. Лабораторные исследования прочностных,деформативных и фильтрационных характеристик отходов углеобогащения рекомендуется проводить в приборах (одноплоскостного среза,стабилометрах,одометрах,фильтрационных), минимальный размер которых (высота или диаметр) не менее чем в 5 раз превышает размер наиболее крупной фракции исследуемого материала.

2.I0. Для определения характеристик отходов углеобогащения в начальном состоянии используют материал натурного зернового состава или модельные смеси с заменой недопустимо крупных по сравнению с размерами прибора частиц таким же количеством материала максимальной допустимой крупности.

2.II. При моделировании конечного состояния отходов углеобогащения зерновой состав рекомендуется принимать по аналогам (см. п. 2.I7). Минимальные прочностные характеристики материала в конечном состоянии допускается определять по результатам опытов с мелкоземом.

З е р н о в о й с о с т а в

2.I2. Зерновой состав отходов углеобогащения зависит от прочности вмещающих пород, технологии обогащения, применяемой на ОФ, технологии укладки в отвал или плотину, а также условий и срока хранения в насыпном сооружении.

2.I3. Определение зернового состава отходов углеобогащения производят просеиванием через сита и грохота. При налипании мелких фракций на крупные частицы просеивание через сита производят с промывкой водой. Рекомендуемые размеры сит: 0,25; 0,5; I; 2,5; I0; 20;40; 80 мм. Частицы крупнее 80 мм выделяют вручную путем их обмеров. Содержание глинистых и пылеватых частиц определяют в случае необходимости ареометрическим методом (ГОСТ I2536-979).

2.I4. Типичные кривые зернового состава отходов углеобогащения на выходе с ОФ коксохимических заводов приведены на рис.I. Ввиду стандартной технологии, применяемой на таких предприятиях, и постоянства состава минеральных примесей, сопутствующих обогащаемым для коксования смесям рядовых углей, зерновые составы отходов с различных ОФ КХЗ близки между собой.

Зерновые составы отходов на выходе с углеобогатительных предприятий системы Минуглепрома СССР могут колебаться в значительных пределах. В зависимости от предела обогащения, принятого на ОФ, можно выделить две группы отходов: для первой характерно высокое содержание крупных фракций, для второй - мелких /I6/ (см.таблицу 2).

Т а б л и ц а 2. Зерновой состав отходов углеобогащения ОФ Минуглепрома СССР

Предел обогащения, мм	Содержание фракций, %				
	> 25 мм	I3-25 мм	6-I3 мм	3-6 мм	< 3мм
6(I3)	26-8I	I2-53	I,5-I7	0,5-6,2	0,3-4
0(0,5)	IC-60	6-38	I3,5-53	4,5-30,8	I,5-I0

Кривые зернового состава отходов углеобогащения на выходе с некоторых ОФ системы Минчермета СССР показаны на рис.2.

Несмотря на отмеченные колебания зернового состава, согласно принятой классификации, отходы углеобогащения на выходе со всех ОФ являются малосыпучими.

2.I5. В зависимости от срока и условий хранения в отвале зерновой состав отходов углеобогащения изменяется и в большинстве

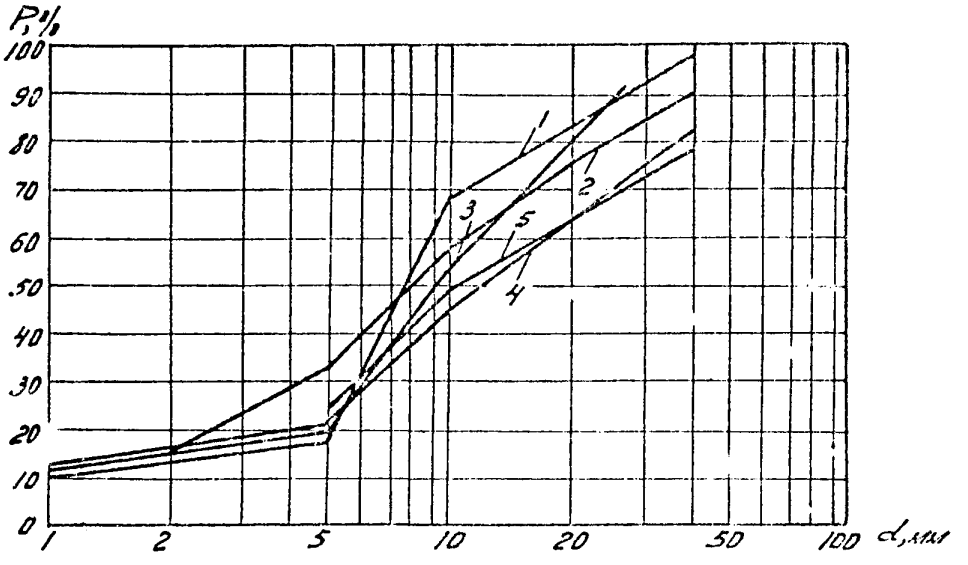


Рис.I. Типичные кривые зернового состава отходов углеобогащения с коксохимических заводов
I-Запорожский КХЗ; 2- Авдеевский КХЗ; 3-Днепродзержинский КХЗ; 4 -Ясиновский КХЗ; 5-Енакиевский КХЗ

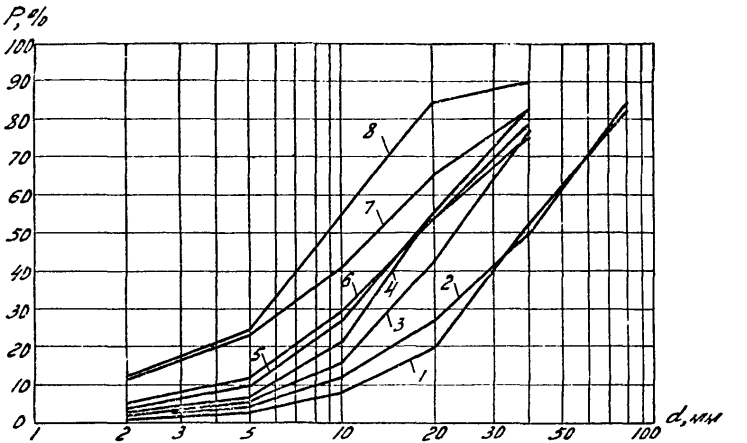


Рис.2. Кривые зернового состава отходов углеобогащения с ОФ системы Минуглепрома СССР

I-ГОФ "Капитальная"; 2-ЦОФ "Торезская" (негорелые);3-ЦОФ "Восточная"; 4-ЦОФ "Кураховская"(горелые); 5-ЦОФ "Червоноградская"; 6-ГОФ "Саранская"; 7-ЦОФ "Павлоградская"; 8-ЦОФ "Торезская" (горелые)

случаев может классифицироваться как умеренновыветрелый (содержание мелкозема I5-30%). В качестве примера на рис. 3 показаны огибающие кривые зернового состава материала в отвале Ясиновского КХЗ.

2.I6. В горелых отходах углеобогащения количество мелких фракций возрастает по сравнению с негорелыми. В качестве примера на рис.2 показаны кривые зернового состава горелых отходов углеобогащения из отвалов ЦОФ Торезская и ЦОФ Кураховская,обогащающих антрациты.

2.I7. В негорелых глинистых отходах углеобогащения содержание мелкозема в процессе эксплуатации водоподпорных сооружений ориентировочно за 5-I0 лет может увеличиться до 50-60% и более, т.е. материал в конечном состоянии классифицируется как выветрелый (содержание частиц размером менее 2 мм 30-50%) или сильновыветрелый (более 50%). В качестве примера на рис.3 показаны огибающие кривые зернового состава в дамбе,отсыпанной из отходов углеобогащения Днепродзержинского КХЗ после 7 лет эксплуатации.

Зерновой состав негорелых глинистых отходов углеобогащения в конечном состоянии рекомендуется прогнозировать следующим образом Содержание мелкозема < 2 мм принимается равным 50-60%; содержание более крупных фракций пропорционально уменьшается по сравнению с их содержанием в начальном состоянии.

С о п р о т и в л е н и е с д в и г у

2.I8. Параметры сопротивления сдвигу отходов углеобогащения рекомендуется определять в соответствии с условием прочности Кулона-Мора по консолидированно-дренированной схеме с учетом указаний пп.2.9-2.II.

Плотность испытываемых образцов должна соответствовать плотности укладки материала в плотину.

При проведении опытов в стабилометрах на этапе девиаторного нагружения образец рекомендуется доводить до разрушения путем наращивания вертикальной нагрузки при постоянном боковом давлении.

2.I9.Характеристики сопротивления сдвигу отходов углеобогащения в зависимости от состояния материала (зернового состава,плотности,влажности) и величины действующих напряжений могут колебаться в широких пределах.

При проектировании плотин по I принципу (п.2.8) параметры сопротивления сдвигу следует определять для конечного зернового состава (п.2.I7) с учетом их уменьшения при водонасыщении и перехо-

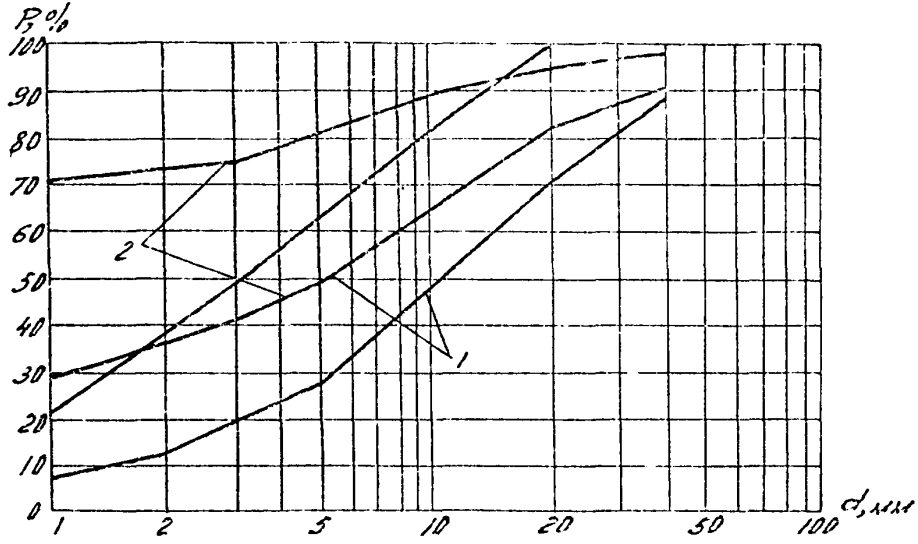


Рис.3. Кривые зернового состава отходов углеобогащения после разрушения в насыпных сооружениях

I-отвал Ясиновского КХЗ; 2-плотина из отходов углеобогащения Днепродзержинского КХЗ

де материала в процессе эксплуатации сооружения из начального состояния в конечное, если предусмотрены конструктивные мероприятия, ограничивающие взаимодействие материала с водой и предотвращающие его выветривание (П принцип), определение параметров сопротивления сдвигу производят для начального зернового состава.

Для плотин высотой более 35-40 м параметры сопротивления сдвигу рекомендуется принимать переменными, в зависимости от величины действующих напряжений.

Для предварительной оценки параметров сопротивления сдвигу различных разновидностей отходов углеобогащения могут быть использованы рекомендации п.п. 2.20-2.22.

2.20. Отдельные факторы влияют на величину угла сдвига отходов углеобогащения следующим образом.

При водонасыщении сопротивление сдвигу всех разновидностей негорелых глинистых отходов углеобогащения резко уменьшается. Падение угла сдвига при прочих равных условиях составляет 6-10°.

Водонасыщение горелых отходов углеобогащения сказывается на их сопротивлении сдвигу меньше и вызывает уменьшение угла сдвига на 2-3°.

При переходе негорелых глинистых отходов углеобогащения из начального в конечное состояние (увеличение содержания мелкозема до 50-60%) можно ожидать снижения угла сдвига на 4-5°.

2.21. Экспериментальные данные о сопротивлении сдвигу некоторых разновидностей отходов углеобогащения в начальном состоянии (на выходе с ОФ) уплотненных до относительной плотности $J=0,9$ в зависимости от величины действующих напряжений приведены на рис. 4 (мало- и среднеглинистые отходы углеобогащения с коксохимических заводов со средним содержанием глинистых пород 63% и содержанием песчаников до 22,5%, алевролитов до 18% , карбонатных пород до 15%) и на рис. 5 (средне- и высокоглинистые отходы с ОФ, обогащающих энергетические угли).

Связь между величинами углов сдвига φ и наименьшими главными напряжениями σ_3 показана на рис. 4,5 в полулогарифмическом масштабе. В левой части рисунков построены вспомогательные графики $\varphi=f(\sigma_1/\sigma_3)$ в соответствии с условием прочности Мора, пользуясь которыми при известных φ, σ_3 можно определить величины σ_1 и $\sigma_n=2\sigma_1\sigma_3/(\sigma_1+\sigma_3)$ в предельном состоянии.

Осредненные значения φ воздушносухих и водонасыщенных отходов обогащения углей в начальном состоянии в зависимости от напряже-

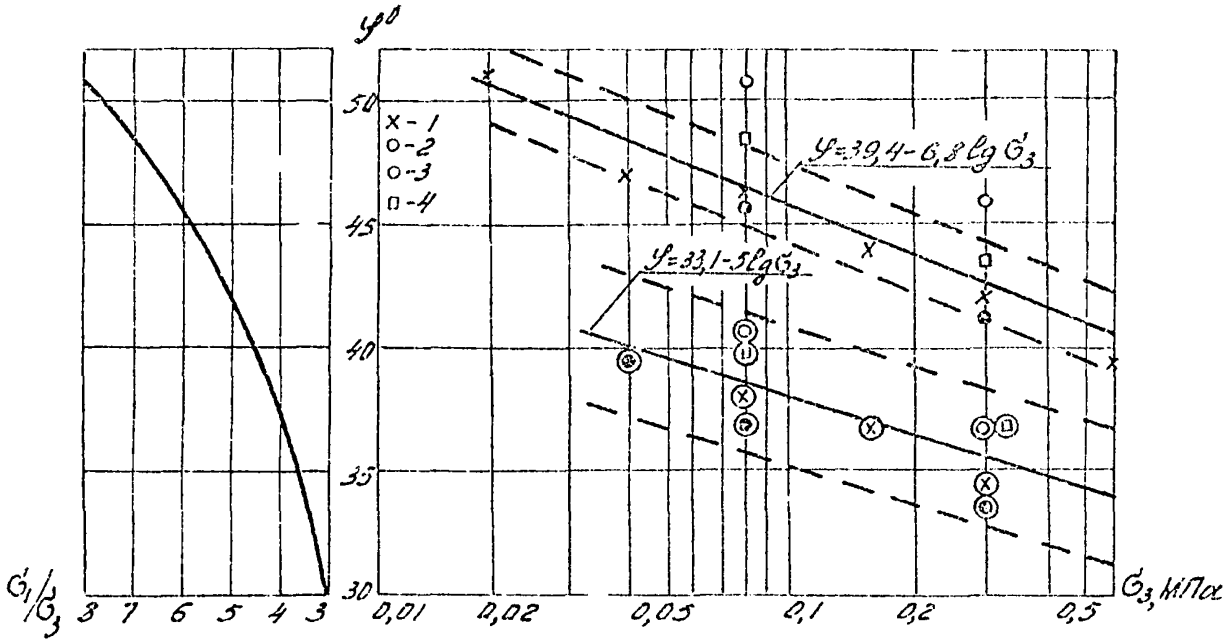


Рис.4. Зависимость угла внутреннего трения отходов углеобогащения коксохимических заводов от напряжений
I-Днепродзержинский КХЗ; 2-Авдеевский КХЗ,начальное состояние; 3- то же, конечное состояние; 4 - Енакиевский КХЗ

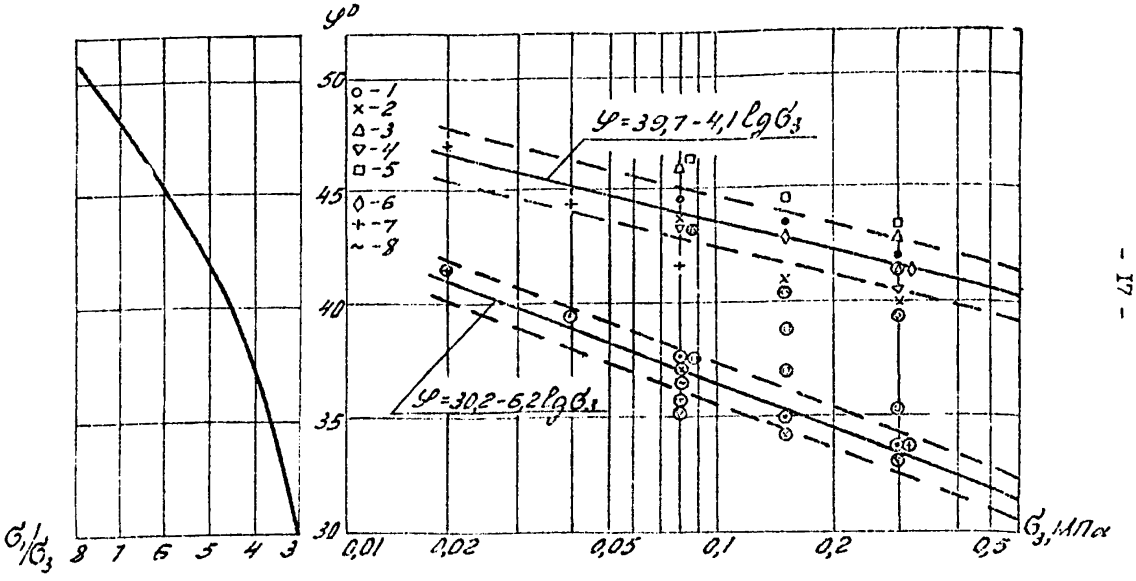


Рис.5. Зависимость угла внутреннего трения отходов углеобогащения предприятий Минуглепрома СССР от напряжений

I-ГОФ "Саранская"; 2-ЦОФ "Восточная"; 3-ЦОФ "Торезская"(горелые);4- то же,негорелые; 5-ЦОФ "Червоноградская"; 6-ЦОФ "Кураховская" (горелые); 7-ЦОФ "Павлоградская"; 8 - ГОФ "Капитальная"

ний σ_3 в МПа могут быть найдены по следующим уравнениям:

отходы углеобогащения с коксохимических заводов:

$$\varphi_{сух} = 39,4 - 6,8\ lg\ \sigma_3 ; \quad (1)$$

$$\varphi_{вод} = 33,1 - 5\ lg\ \sigma_3 ; \quad (2)$$

отходы обогащения энергетических каменных углей и антрацитов:

$$\varphi_{сух} = 39,7 - 4,1\ lg\ \sigma_3 ; \quad (3)$$

$$\varphi_{вод} = 30,2 - 6,2\ lg\ \sigma_3 . \quad (4)$$

Графики, соответствующие уравнениям (1) - (4) нанесены на рис. 3,4, там же нанесены границы доверительных интервалов вычисленных с доверительной вероятностью α =0,95.

2.22. Для плотин высотой до 20 м и 20-35 м (при максимальных нормальных напряжениях до 0,3- и до 0,6 МПа) ориентировочные значения углов сдвига максимально выветрелых водонасыщенных отходов углеобогащения в конечном состоянии, уплотненных до относительной плотности $\mathcal{J}$ =0,8-0,9 приведены в таблице 3.

Таблица 3. Ориентировочные значения углов сдвига глинистых отходов углеобогащения

№ пп.	Наименование материала	Высота плотины	
		до 20 м	20-35 м
I	Горелые отходы	45^0-48^0	40-45^0
2	Негорелые отходы коксохимических заводов (мало-и среднегли истые)	40^0-45^0	35-40^0
3	Негорелые отходы обогащения энергетических каменных углей и антрацитов (средне-и высокоглинистые)	30-40^0	25-35^0

Наиболее вероятные значения углов сдвига отходов углеобогащения третьей группы находятся в пределах 30-35^0 для плотин высотой до 20 м и 25-30^0 для плотин высотой 20-35 м; более высокие прочностные характеристики могут иметь отдельные разновидности материала этой группы, отличающиеся высокой плотностью сложения.

Сжимаемость

2.23. Характеристики сжимаемости отходов углеобогащения рекомендуется определять в одометрах с отношением высоты и диаметра I:2. При проведении компрессионных опытов необходимо учитывать требования, указанные в пп.2.9 - 2.II.

2.24. Компрессионные кривые отходов углеобогащения в большинстве случаев являются криволинейными и могут быть аппроксимированы степенной зависимостью

$$e = A\sigma^{\kappa}, \qquad (5)$$

где e - относительная деформация;

σ - вертикальные напряжения, МПа;

A, κ - эмпирические параметры.

2.25. Сжимаемость отходов углеобогащения существенно зависит от плотности сложения, характеризуемой относительной плотностью J, коэффициента водонасыщения S и содержания мелкозема $P_м$. В качестве иллюстрации на рис. 6 показаны компрессионные кривые отходов углеобогащения ЦОФ Восточная при различных сочетаниях факторов $J, S, P_м$.

Характерные компрессионные кривые маловыветрелых уплотненных горелых и негорелых отходов углеобогащения показаны на рис. 7.

Сжимаемость отходов углеобогащения характеризуется следующими особенностями.

Связь между напряжениями и деформациями близка к линейной только для хорошо уплотненного воздушносухого материала (как горелого, так и негорелого).

Водонасыщение горелых отходов обогащения вызывает сравнительно небольшое увеличение сжимаемости. Величина просадочной деформации достигает лишь 30-40% от стабилизировавшейся деформации воздушносухого материала при той же нагрузке.

При водонасыщении негорелых отходов обогащения сжимаемость возрастает очень сильно, а связь между напряжениями и деформациями нелинейна независимо от плотности материала. Режим водонасыщения (до начала или в процессе приложения нагрузки) практически не влияет на величину конечной деформации (см.рис.7). Просадочная деформация практически полностью происходит при первом насыщении водой. Последующие циклы высушивания и водонасыщения материала при неизменной нагрузке не вызывают увеличения сжимаемости.

Величина просадочной деформации чрезвычайно велика и для негорелых сильноглинистых отходов углеобогащения достигает 300-400%.

Изменение плотности сложения заметно влияет на сжимаемость всех разновидностей отходов углеобогащения. При переходе от максимально плотного к предельно рыхлому сложению (изменение относительной плотности от 0,9-I до 0-0,I) сжимаемость водонасыщенных отходов углеобогащения увеличивается в 2-3 раза.

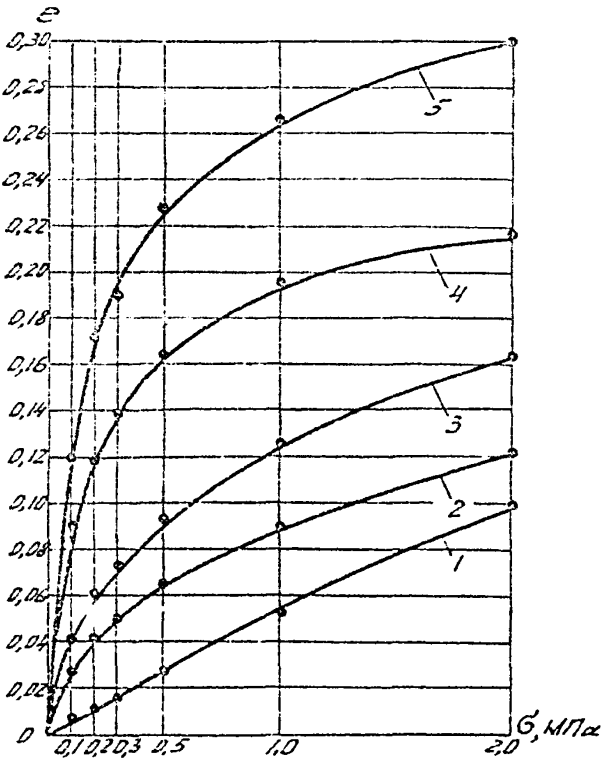
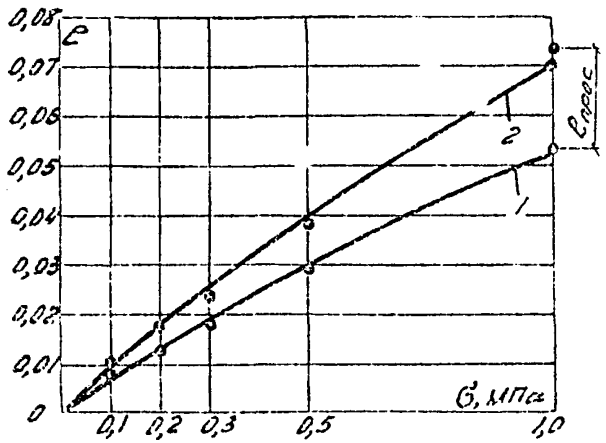


Рис.6.Компрессионные кривые отходов углеобогащения ЦОФ «Восточная» при различных сочетаниях влияющих факторов $\mathcal{J}$, $\mathcal{Y}$, $P_м$

I- $\mathcal{J}$ =0,9, $\mathcal{Y}$ =0, $P_м$=5%; 2-$\mathcal{J}$=0,9, $\mathcal{Y}$=I, $P_м$=5 %; 3-$\mathcal{J}$=0,I, $\mathcal{Y}$=0, $P_м$=50%; 4-$\mathcal{J}$=0,I, $\mathcal{Y}$=I, $P_м$=50%; 5 - $\mathcal{J}$=0,I, $\mathcal{Y}$ =I, $P_м$=5%



б)

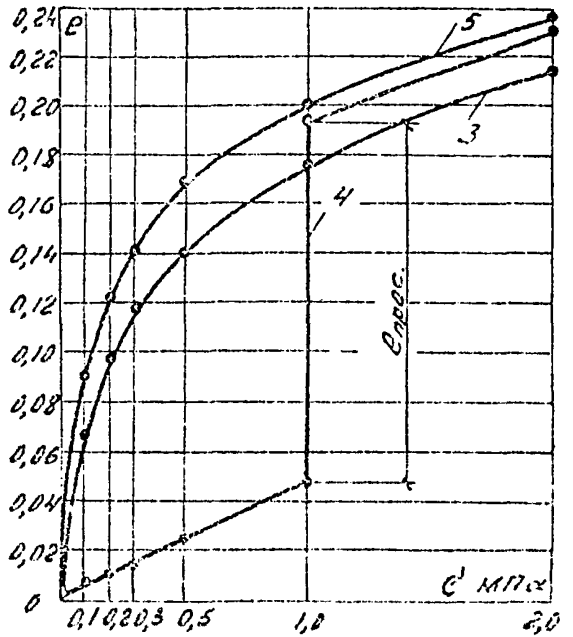


Рис.7. Компрессионные кривые маловыветрелых уплотненных горелых (а) и негорелых (б) отходов углеобогащения

I-ЦОФ Кураховская $\mathcal{J}$ =0,9, $\mathcal{Y}$=0, $P_м$=2%; 2- то же $\mathcal{J}$ =0,9, $\mathcal{Y}$ =I, $P_м$ =2%; 3-ЦОФ Павлоградская $\mathcal{J}$ =0,9, $\mathcal{Y}$ =I, $P_м$ =I2%; 4- ГОФ Капитальная $\mathcal{J}$ =0,9, $\mathcal{Y}$ =0, $P_м$ =2%, водонасыщение при $\mathcal{G}$ =I МПа; 5- то же $\mathcal{J}$ =0,9 $\mathcal{Y}$ =I, $P_м$ =2%

Увеличение содержания мелкозема до 50% вызывает увеличение плотности материала (при той же величине относительной плотности и уменьшение его сжимаемости на 20–40%.

2.26. Для оценки осадок насыпей из отходов углеобогащения с коксохимических заводов в начальном состоянии (зерновые составы приведены на рис.I) могут быть использованы параметры деформируемости, приведенные в таблице 4.

Таблица 4. Параметры деформируемости отходов углеобогащения с коксохимических заводов

J	φ	Авдеевский КХЗ		Енакиевский КХЗ		Днепродзержинский КХЗ	
		A, см^2/кг	κ	A, см^2/кг	κ	A, см^2/кг	κ
0,9	0	0,0082	I,00	0,0075	0,80	0,0060	I,00
0,9	I	0,040	0,70	0,049	0,52	0,056	0,60
0,2	0	0,037	0,68	-	-	-	-
0,2	I	0,063	0,55	-	-	-	-

Параметры деформируемости некоторых разновидностей отходов обогащения энергетических углей при различных сочетаниях относительной плотности J, коэффициента водонасыщения φ и содержания мелкозема $P_м$ приведены в таблице 5.

Таблица 5. Параметры деформируемости отходов углеобогащения энергетических углей

J	φ	$P_м$	ЦОФ Торезская				ГОФ Саранская		ЦОФ Восточная	
			горелые		негорелые					
			A, I/МПа	κ	A, I/МПа	κ	A, I/МПа	κ	A, I/МПа	κ
0,9	I	50	0,0398	0,567	0,697	0,529	0,II2	0,472	0,I89	0,294
0,9	0	2-I2	0,0548	0,869	0,II2	0,70I	0,05780	0,94I	0,0525	0,896
0,I	I	2-I2	0,I83	0,508	0,287	0,392	0,292	0,299	0,0887	0,48I
0,I	0	50	0,I24	0,4I8	0,I45	0,562	0,II5	0,409	0,I24	0,46
0,I	I	50	0,II6	0,434	0,I7I	0,325	0,204	0,370	0,262	0,29

Для оценки сжимаемости различных разновидностей отходов обогащения энергетических углей при всех возможных сочетаниях влияющих

факторов могут быть использованы следующие регрессионные зависимости:

горелые отходы обогащения антрацитов (ЦОФ Торезская, Донбасс)

$$e=(0{,}16-0{,}11J+0{,}02\,\mathcal{G}-0{,}001P_{м})\,\sigma^{(0{,}61+0{,}26J-0{,}11\mathcal{G}-0{,}03P_{м})}; \quad (6)$$

негорелые отходы обогащения антрацитов (ЦОФ Торезская, Донбасс)

$$e=(0{,}26-0{,}15J+0{,}04\,\mathcal{G}-0{,}002P_{м})\,\sigma^{(0{,}44+0{,}29J-0{,}06\mathcal{G}-0{,}002P_{м})}; \quad (7)$$

отходы обогащения коксовых жирных углей (текущий выход ГОФ Саранская, Карагандинский бассейн)

$$e=(0{,}20-0{,}14J+0{,}11\,\mathcal{G}-0{,}002P_{м})\,\sigma^{(0{,}56+0{,}37J-0{,}23\mathcal{G}-0{,}002P_{м})}; \quad (8)$$

отходы обогащения коксовых и отощенных спекающихся углей (текущий выход ЦОФ Восточная, Карагандинский бассейн)

$$e=(0{,}20-0{,}15J+0{,}08\,\mathcal{G}-0{,}001P_{м})\,\sigma^{(0{,}56-0{,}35J-0{,}26\mathcal{G}-0{,}002P_{м})}. \quad (9)$$

Водопроницаемость

2.27. Водопроницаемость отходов углеобогащения характеризуется коэффициентом фильтрации (см/с, м/сут).

В лабораторных условиях коэффициент фильтрации определяют в фильтрационных и фильтрационно-компрессионных приборах (ГОСТ 25584-83) с соблюдением требований пп.2.9-2.11. Более надежными являются полевые методы оценки водопроницаемости в насыпи материала путем налива воды в шурфы и скважины (ГОСТ 23278-78).

Необходимо учитывать фильтрационную анизотропию материала в насыпях, возведенных послойной укаткой: коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении (вдоль слоев) может на порядок превышать вертикальный коэффициент фильтрации (поперек слоев).

2.28. Водопроницаемость отходов углеобогащения в зависимости от их состояния изменяется в широких пределах. Для предварительных оценок могут быть использованы следующие данные.

В зависимости от степени выветрелости материала, используемого для строительства, и от степени его уплотнения при укладке в сооружение может быть достигнуто начальное значение коэффициента фильтрации в пределах $A.10^{-2}$ - $A.10^{-5}$ см/с (наиболее вероятные значения $A.10^{-3}$. $A.10^{-4}$ см/с).

При переходе от предельно рыхлого к максимально плотному сложению коэффициент фильтрации отходов углеобогащения при прочих

равных условиях может уменьшаться в пределах двух порядков.

Ориентировочные значения коэффициентов фильтрации отходов углеобогащения различной плотности в зависимости от степени выветрелости, характеризуемой содержанием мелкозема, приведены в таблице 6.

Таблица 6. Коэффициенты фильтрации отходов углеобогащения различной выветрелости

№ пп.	Степень выветрелости (содержание мелкозема, $P_м$,%)	Коэффициент фильтрации, см/с
I	Маловыветрелые ($P_м$<I5%)	$I0 - I0^{-2}$
2	Умеренновыветрелые ($P_м$ =I5-30%)	$I0^{-2} - I0^{-4}$
3	Выветрелые ($P_м$=30-50%)	$I0^{-3} - I0^{-5}$
4	Сильновыветрелые ($P_м$ > 50%)	$I0^{-4} - I0^{-7}$

Конструкции плотин из отходов углеобогащения

2.29. Конструкцию и размеры поперечного профиля плотин из отходов углеобогащения назначают на основании технико-экономических расчетов с учетом физико-механических характеристик материала, назначения сооружения, имеющейся строительной техники, топографических, инженерно-геологических, гидрологических и климатических условий строительства.

2.30. В зависимости от степени выветрелости и возможности уплотнения в сооружении имеющимися в наличии механизмами, отходы углеобогащения могут быть использованы для отсыпки однородных плотин, противофильтрационных элементов и упорных призм.

Рекомендуемые конструкции плотин из отходов углеобогащения, запроектированных по I или II принципу (п.2.8), показаны на рис.8.

Как правило, следует возводить из отходов углеобогащения весь профиль сооружения, предусматривая в необходимых случаях зонирование материала.

В первую очередь следует рассматривать возможность строительства однородных плотин. В верховой части однородных плотин (слой мощностью I0-I2 м от откоса) может быть предусмотрена более вы...

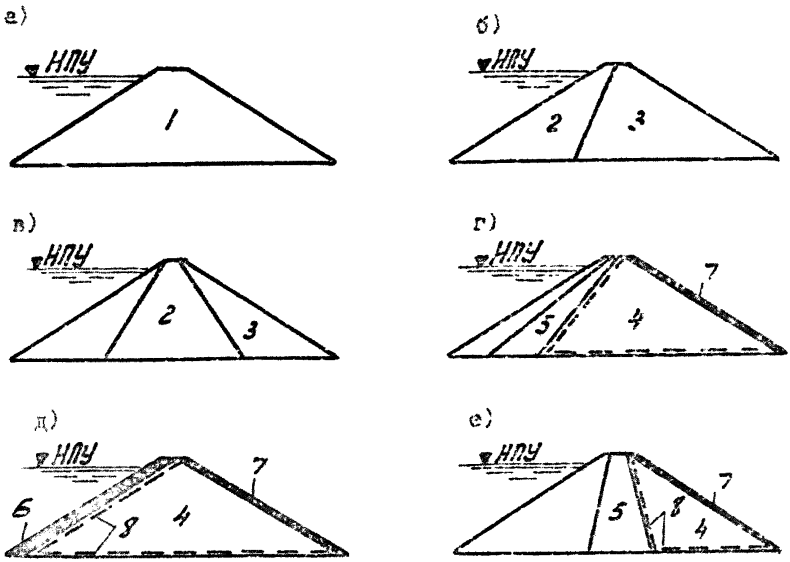


Рис. 8. Конструкции плотин из отходов углеобогащения а-однородная плотина; б,в-плотины с зонированной укладкой отходов углеобогащения; г,д,е-плотины с противофильтрационными элементами,ленточным дренажем и покрытием низового откоса,предохраняющими отходы углеобогащения от выветривания; 1-отходы углеобогащения; 2-лежалый,максимально выветрелый материал; 3- свежий, маловыветрелый материал; 4-материал,защищенный от выветривания; 5-противофильтрационный элемент из отходов углеобогащения или глинистого грунта; 6-негрунтовый противофильтрационный элемент; 7- защитное покрытие низового откоса; 8 - ленточный дренаж

кая степень уплотнения материала (п.3.I) за счет уменьшения толщины отсыпаемых слоев или использования более мощных уплотняющих механизмов (рис.8а).

Если в наличии имеются отходы углеобогащения разной степени выветрелости, для отсыпки верховой призмы или противофильтрационных элементов в виде ядер и экранов следует использовать лежалый, максимально выветрелый материал из отвалов, а в низовую призму укладывать отходы текущего выхода с ОФ и свежие маловыветрелые отходы из отвалов (рис.8б,в).

При использовании для строительства плотин маловыветрелых отходов углеобогащения, уплотнение которых имеющимися строительными механизмами не позволяет добиться требуемых фильтрационных характеристик, может быть предусмотрено устройство противофильтрационных элементов из связных грунтов или негрунтовых материалов.

2.3I. Ввиду значительного снижения сопротивления сдвигу отходов углеобогащения при водонасыщении и выветривании в некоторых случаях может оказаться экономически оправданным строительство плотин по II принципу, с осуществлением конструктивных мероприятий, предотвращающих взаимодействие материала с водой и его выветривание (устройство противофильтрационных элементов, понижение депрессионной поверхности дренажем, устройство защитных покрытий низового откоса).

С низовой стороны противофильтрационных элементов рекомендуется укладывать дренажный слой в сочетании с ленточным дренажем в основании сооружения (рис. 8г,д,е). Такая конструкция обеспечивает организованный отвод профильтровавшейся воды, предотвращает водонасыщение основного тела плотины из отходов углеобогащения и позволяет сохранить в период эксплуатации начальные характеристики материала.

2.32. Заложения откосов плотин из отходов углеобогащения определяют на основании расчетов устойчивости. При строительстве по I принципу расчетные характеристики сопротивления сдвигу принимают для конечного состояния материала с учетом его выветривания в процессе эксплуатации в пределах всего профиля сооружения (см. п.2.I7).

Если предусмотрены мероприятия по защите отходов углеобогащения от выветривания, расчетные характеристики сопротивления сдвигу должны быть отнесены к начальному состоянию материала и соответственно повышятся.

2.33. На предварительных стадиях проектирования заложения откосов плотин из горелых и негорелых мало- и среднеглинистых отходов углеобогащения рекомендуется назначать в пределах от m=2 до m= 2,5; при использовании высокоглинистых отходов углеобогащения - в пределах от m=2,5 до m=3.

Ориентировочные значения заложений откосов m и строительных осадок S_c, м плотин из низко- и среднеглинистых отходов обогащения углей в зависимости от степени выветрелости материала, характеризуемой содержанием мелкозема $P_м$,%, относительной плотности сложения J (в пределах от 0 до I), коэффициента водонасыщения S (от 0 до I) и высоты плотины H, м могут быть подсчитаны по формулам

$$m = 2 - 0{,}004\ P_м - 0{,}3J + 0{,}5S + 0{,}008\ H\ ; \qquad (10)$$

$$S_c = -\ 0{,}7 - 0{,}008\ P_м - 3{,}3J + 2{,}8S + 0{,}1\ H\ . \qquad (11)$$

Формула (II) позволяет оценить величину полного суммарного сжатия всех слоев отходов углеобогащения в теле плотины к моменту окончания строительства и может быть использована для уточнения объема материала, который необходимо уложить в плотину для достижения заданной отметки гребня.

При проектировании плотин из отходов углеобогащения необходимо учитывать, что наибольшее влияние на устойчивость откосов сооружения и его деформируемость оказывают плотность укладки материала и водонасыщение; значительно меньше влияют степень выветрелости материала и высота сооружения. Степень влияния указанных факторов наглядно характеризуется величинами коэффициентов в формулах (10), (II).

2.34. Ввиду сравнительно небольшого влияния на деформируемость отходов углеобогащения зернового состава при одинаковой степени уплотнения, при зонировании материала разной степени выветрелости в пределах поперечного профиля сооружения, в частности при возведении плотин с противофильтрационными элементами из максимально выветрелого и измельченного при уплотнении материала, можно ожидать достаточно равномерное распределение деформаций в различных элементах сооружения.

2.35. Дренажные устройства в теле и основании плотины выполняют для следующих целей:

а) недопущения выхода фильтрационного потока на низовой откос и заглубления депрессионной поверхности ниже зоны промерзания;

б) уменьшения зоны действия фильтрационного потока, что позволяет повысить устойчивость сооружения;

в) перехвата, сбора и организованного отвода фильтрационной воды и предотвращения фильтрационных деформаций материала.

2.36. Типы и конструкции дренажных устройств в плотинах из отходов углеобогащения аналогичны применяемым в грунтовых плотинах /I,2/; их размеры устанавливают на основании гидравлических и фильтрационных расчетов.

По условиям производства работ рекомендуются следующие минимальные размеры отдельных элементов дренажных устройств: толщина слоев фильтра 0,I5 м, диаметр дренатных труб 0,I5 м, ширина дренажных лент 0,5 м. Откосы дренатных слоев, призм и кюветов рекомендуется проектировать с заложением не менее m=I.

2.37. Зерновой состав обратных фильтров дренажей и переходных зон рекомендуется подбирать исходя из следующих условий.

Для обеспечения свободного оттока профильтровавшейся воды размер фракций слоя фильтра $Д_{I5}$ должен превышать не менее чем в четыре раза размер фракций d_{I5} защищаемых более мелкозернистых отходов углеобогащения ($Д_{I5}$, d_{I5} - размеры фракций, мельче которых содержится I5% материала по массе). В то же время для предотвращения фильтрационных деформаций размер $Д_{I5}$ не должен превышать более чем в 4 раза d_{85} прилегающих к фильтру отходов углеобогащения.

Величину d_{I5} следует определять по зерновому составу отходов углеобогащения в начальном состоянии, а d_{85} - в конечном состоянии.

2.38. Для защиты верхового откоса плотин из отходов углеобогащения от разрушения ветровыми волнами рекомендуется применять гибкие покрытия из зернистых материалов (несортированный камень, металлургические шлаки, гравийно-галечниковый грунт) или из грунтобитума.

2.39. Для защиты низового откоса от эрозии и предохранения материала низовой призмы от выветривания в результате атмосферных воздействий рекомендуется устраивать облегченные защитные покрытия толщиной не менее 30 см (посев многолетних трав по слою растительного грунта, уплотненный слой щебня или гравийно-галечникового грунта, грунтобитум).

Как правило, на низовом откосе необходимо предусматривать организованный отвод поверхностных вод. Для этого по линии сопряжения плотины с берегами и на бермах следует размещать водопроводящие лотки и кюветы.

3. ВОЗВЕДЕНИЕ ПЛОТИН ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ

3.1. Для достижения достаточно высоких физико-механических характеристик отходов углеобогащения, их укладку в тело плотины, как правило, следует производить с уплотнением до плотности сухого материала $\gamma_{сх} = (0{,}92\text{–}0{,}95)\gamma_{сх}^{max}$, соответствующей относительной плотности сложения $J = 0{,}8\text{–}0{,}9$ (см.п.3.5).

Материал, укладываемый в противофильтрационные устройства (ядра, экраны), а также в верховую часть однородных плотин, рекомендуется уплотнять до $\gamma_{сх} = (0{,}95\text{–}0{,}97)\gamma_{сх}^{max}$ ($J > 0{,}9$).

3.2. Уплотнение отходов углеобогащения рекомендуется производить послойной укаткой. В качестве уплотняющих механизмов могут быть использованы катки вибрационного или статического (пневмашинные, кулачковые) действия.

Допускается производить уплотнение пневмашинными землеройно - транспортными и транспортными средствами.

Не рекомендуется уплотнять отходы углеобогащения гусеничными машинами, применение которых не позволяет достигнуть достаточно высокой плотности сложения материала.

3.3. Укладка каждого слоя отходов углеобогащения включает в себя следующие операции: подготовка поверхности предыдущего слоя, отсыпка отходов углеобогащения автосамосвалами, в случае необходимости - увлажнение материала и выстаивание не менее 2 часов, разравнивание бульдозером, укатка, отбор контрольных проб.

Подготовку поверхности уплотненного слоя производят его рыхлением на глубину около 5 см (например, бороанованием).
Если уплотняют кулачковыми или пневмашинными катками, специальное рыхление поверхности предыдущего слоя перед отсыпкой последующего слоя можно не производить.

Поверхность отсыпанного материала следует разравнивать непосредственно перед его уплотнением.

3.4. Параметры уплотнения (оптимальную влажность, толщину уплотняемого слоя, количество проходов уплотняющего механизма по одному следу), обеспечивающие необходимую плотность укладки материала в сооружение, следует устанавливать по результатам опытных укаток в производственных условиях с применением выбранных уплотняющих механизмов.

Опытное уплотнение отходов углеобогащения может быть проведено на специально отведенной площадке или при укладке первого слоя материала в сооружение.

Методика проведения опытного уплотнения грунтов в производственных условиях изложена в работах /2,17/.

Для предварительного назначения плотности укладки и параметров уплотнения отходов углеобогащения могут быть использованы следующие рекомендации.

3.5. Максимальную плотность сложения $\gamma_{ск}^{макс}$ материала того или иного зернового состава определяют в лабораторных или полевых условиях.

В лабораторных условиях $\gamma_{ск}^{макс}$ материала оптимальной влажности определяют в контейнере, размеры которого должны удовлетворять требованиям п.2.9, вибрированием на вибростенде в течение двух минут.

Допускается определять $\gamma_{ск}^{макс}$ по результатам опытных укаток материала оптимальной влажности виброкатками массой не менее 8 т или пневмокатками массой не менее 25 т при количестве проходов по следу не менее 8. За величину $\gamma_{ск}^{макс}$ принимают плотность, определенную в верхней половине уплотненного слоя методом лунки (п.4.6).

Плотность сухого материала $\gamma_{ск}^{у}$, соответствующую заданной относительной плотности, вычисляют в случае необходимости при известных экстремальных значениях $\gamma_{ск}^{макс}(J=1)$, $\gamma_{ск}^{мин}(J=0)$ по формуле

$$\gamma_{ск}^{у} = \frac{\gamma_{ск}^{макс}\,\gamma_{ск}^{мин}}{\gamma_{ск}^{мин} - J(\gamma_{ск}^{макс} - \gamma_{ск}^{мин})} . \qquad (12)$$

Предельно рыхлое сложение воздушносухого материала достигается отсыпкой в контейнер с минимальной высоты.

Плотность сложения мало- и умеренновыветрелых негорелых глинистых отходов углеобогащения, соответствующая относительной плотности J=0,8-0,9, в большинстве случаев находится в пределах $\gamma_{ск}^{у}$ = =1,7-1,8 т/м^3. Отходы обогащения антрацитов имеют более низкую плотность (ориентировочно $\gamma_{ск}^{у}$=1,6-1,7 т/м^3).

Плотность горелых отходов углеобогащения ниже, чем негорелых (ориентировочно на 0,05-0,10 т/м^3).

3.6. Оптимальная влажность W_0 отходов углеобогащения зависит от степени выветрелости и мощности грунтоуплотняющих механизмов.

Ориентировочно можно принимать для мелкозема 2 мм негорелых глинистых отходов углеобогащения $W_0^{мелк}$=14-18%; для материала в целом $W_0^{общ}$=6-12%; для горелых отходов соответственно $W_0^{мелк}$=30%;

$W_0^{общ}$=20-25%.

Оптимальная влажность несколько уменьшается при увеличении мощности уплотняющих механизмов (в пределах 1-3% при увеличении веса пневмошинных катков от 12-15 т до 50 т.).

3.7. Необходимость дополнительного увлажнения или подсушки определяется влажностью материала, используемого для строительства

Влажность отходов углеобогащения в отвалах обычно составляет 4-7%, т.е. меньше оптимальной, поэтому, как правило, необходимо дополнительное увлажнение такого материала.

При использовании для строительства плотин переувлажненных отходов текущего выхода с ОФ может потребоваться подсушка материала. Подсушку рекомендуется проводить непосредственно на карте в конусах, отсыпанных из автосамосвалов.

3.8. Толщина уплотняемого слоя отходов углеобогащения в рыхлом состоянии при 6 проходах уплотняющего механизма по следу ориентировочно может быть принято по таблице 7.

Т а б л и ц а 7. Ориентировочные значения толщины слоя уплотняемых отходов углеобогащения

Тип уплотняющего механизма	Масса уплотняющего механизма, т	Толщина уплотняемого слоя в рыхлом состоянии, см
Виброкатки	6-8	50-60
	10-12	60-70
Катки на пневмошинах	12-25	30-40
	25-35	40-50
	35-50	50-60

4. ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

4.1. В процессе отсыпки плотины осуществляется геотехконтроль, имеющий целью зафиксировать состав, качество и состояние уложенного материала. Данные геотехконтроля должны служить для корректирования и улучшения технологии производства строительных работ по возведению плотины.

4.2. В состав работы по геотехническому контролю входят наблюдения за технологией укладки и уплотнения отходов углеобогащения и состоянием строящегося сооружения, отбор проб уложенного материала и определение его плотности, влажности, зернового состава, содержания серы и золы, а также фильтрационных характеристик.

4.3. Для проведения контрольных наблюдений организуют полевую грунтовую лабораторию, находящуюся в подчинении главного инженера строительства и оснащенную приборами и оборудованием, необходимыми для отбора проб материала и определения его физико-механических характеристик. Наблюдения ведут, руководствуясь действующими нормативными документами, техническими условиями на возведение данного сооружения и инструкциями по методике контроля /I,3, 4,I5,I7/.

4.4. Штат полевой лаборатории определяется количеством отходов углеобогащения, укладываемых в сооружение за сутки. При двухсменной работе на объектах с суточным объемом укладки материала более 4000 м^3 минимальный штат полевой лаборатории ориентировочно состоит из:

I) начальника лаборатории (инженер или техник-строитель, специалист по геотехническому контролю);

2) ст.техников - 2;

3) техников - из расчета один человек на каждые I500-2000 м^3 материала, укладываемого в сутки.

4.5. Толщина слоя уплотняемого материала должна контролироваться нивелировкой карты до и после укатки или металлическим щупом с нанесенными делениями.

4.6. Плотность уложенного материала определяется методом лунки. Лунка располагается в нижней части уплотненного слоя. Размеры лунки в плане и по глубине порядка 20-30 см, но не менее пятикратного размера наиболее крупных кусков материала извлеченных из неё. Объем лунки замеряется песком или наливом воды в полиэтиленовую пленку толщиной 0,05-0,I мм.

Весь выбранный из лунки материал взвешивается на десятичных весах.

Плотность сложения отходов угле богащения $\gamma_{об}$ определяется как отношение массы материала, включая массу воды в его порах, к объему лунки.

Влажность выбранных из лунки отходов углеобогащения определяют с точностью до 0,I% стандартным методом высушивания.

Плотность сухого материала $\gamma_{ск}$ подсчитывают, пользуясь полученными данными о его плотности $\gamma_{об}$ и влажности W, по формуле

$$\gamma_{ск} = \gamma_{об} / (1+W) . \qquad (I3)$$

4.7. Определение зернового состава материала, выбранного из лунки, производят в случае необходимости в соответствии с реко-

мендациями п.2.I3.

4.8. Коэффициент фильтрации рекомендуется определять с учетом фильтрационной анизотропии материала наливом воды в шурфы /I7/.

4.9. Количество и состав контрольных работ:

а) для определения влажности и плотности сухого материала (объемного веса скелета) берется одна проба (лунка) на каждые 500 $м^3$ уложенного грунта,но не менее 2-х проб на каждой карте уложенного слоя;

б) для определения зернового состава,содержания серы и золы берется одна проба на каждые 5000 $м^3$ уложенного материала;

в) для определения коэффициента фильтрации методом наливов используются две лунки на каждые четыре слоя уплотненной насыпи.

4.I0. Не менее 85% отобранных проб должны иметь плотность не менее проектной. Допускается у I5% отобранных проб отклонение плотности в меньшую сторону,при этом количество контрольных проб с $\gamma_{сх}$ меньше нормы на 0,06 $т/м^3$ и ниже не должно превышать 5%.

Все пробы грунта,отобранные в теле плотины,регистрируются в специальном журнале,где указывается время и место отбора пробы, а также результаты проведенных определений плотности,влажности, зернового состава,содержания серы и золы,коэффициента фильтрации.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. СНиП 2.06.05-83. Плотины из грунтовых материалов. Нормы проектирования.

2. Розанов Н.Н. Плотины из грунтовых материалов. М.,Стройиздат,1983.

3. СНиП II-I5-74. Основания зданий и сооружений.

4. СНиП II-I6-76. Основания гидротехнических сооружений.

5. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М.,Недра,1975.

6. ГОСТ 20522-75.Грунты.Метод статической обработки результатов определений характеристик.

7. ГОСТ 5180-75. Грунты. Метод лабораторного определения влажности.

8. ГОСТ 5182-78.Грунты.Метод лабораторного определения объемного веса.

9. ГОСТ 5181-78. Грунты. Метод лабораторного определения удельного веса.

I0. ГОСТ I2536-79. Грунты. Метод лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.

II. ГОСТ 23161-78. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности.

I2. ГОСТ 23908-79. Грунты. Метод лабораторного определения сжимаемости.

I3. ГОСТ 25584-83. Грунты. Метод лабораторного определения коэффициента фильтрации.

I4. ГОСТ I2248-78. Грунты. Метод лабораторного определения сопротивления сдвигу.

I5. Рекомендации по проектированию плотин из грунтовых материалов.Назначение расчетных характеристик материалов грунтовых плотин П-783-83. М.,Гидропроект,1983.

I6. Якунин В.П.,Агроскин А.А. Использование отходов обогащения углей. М.,Недра,1978.

I7. Рекомендации по разработке карьеров,транспортированию и укладке грунта и камня в плотины из грунтовых материалов. М., ВНИИ ВОДГЕО, 1978.

I8. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. М.,Главрыбвод,1974.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение 3
I. Общие положения 4
2. Проектирование плотин из отходов углеобогащения .. 5
Особенности определения физико-механических характеристик 8
Зерновой состав I0
Сопротивление сдвигу I3
Сжимаемость I8
Водопроницаемость 23
Конструкции плотин из отходов углеобогащения 24
3. Возведение плотин из отходов углеобогащения 29
4. Геотехнический контроль в процессе производства работ 3I
Литература 34

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛОТИН

Редактор Е.М.Бирюкова
Технический редактор Е.Е.Тарабрина
ВНИИ ВОДГЕО, Москва, II9826
Комсомольский пр., 42

Цена 30 коп.

Л. 54315 Подп. к пе. 29/IV-85 Объем 2 уч.-изд.л.,2,25 п.л.
Тир. 360. Формат 60x90 I/I6 Бумага типографская №1 Зак. 294
Типография ВНИИ ВОДГЕО, г.Железнодорожный,2,Гидрогородок,I5

gost.e-ecolog.ru