

Коршунов Алексей Анатольевич, инженер, старший преподаватель кафедры инженерной геотехники, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета, г. Архангельск, Россия,

Невзоров Александр Леонидович, доктор технических наук, ректор Архангельского государственного технического университета, г. Архангельск, Россия

Комплексное исследование хвостовых отложений при использовании их в качестве основного компонента противofильтрационных экранов при проектировании полигонов отходов

Complex research of tail adjournment during their use as the basic component of unfiltrational screens at designing of ranges of a waste

В статье рассмотрены вопросы комплексного исследования физико-механических свойств хвостовых отложений, образующихся в процессе обогащения кимберлитовых руд месторождения алмазов. Результаты исследования седиментационных и фильтрационных свойств хвостовых отложений, складываемых в пруде-отстойнике, указывают на перспективность использования их в конструкциях защитных противofильтрационных экранов при проектировании полигонов отходов. В зависимости от степени переработки хвостовых отложений определены области их применения.

This paper describes issues of integrated investigation of tailings physical-mechanical characteristics. Tailings are formed in process of kimberlite enriching. The results of tailings sedimentation and filtration properties investigation give us possibility of using tailings in construction of impervious membrane when designing waste disposal area. Application field of tailings depends on degree of their reprocessing.

Полигон складирования твердых бытовых и промышленных отходов – это сложный инженерный комплекс сооружений, основным из которых является чаша складирования с изолирующим экраном,

защищающим грунтовые и подземные воды от загрязнения. В качестве основного компонента экрана применяют слои глины, полимернобетона, асфальтобетона, пленки и др. Применение того или иного материала должно быть обосновано технико-экономическими и геотехническими расчетами. При выборе конструкции экрана стоимостный фактор зачастую оказывается решающим. Наиболее дешевым и простым по технологии устройства является глиняный экран.

В процессе обогащения кимберлитовых руд месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова образуются отходы, складываемые в специальных накопителях – хвостохранилищах, так называемые хвостовые отложения. При этом наиболее тонкодисперсные частицы отложений накапливаются в прудах отстойниках и образуют прудковые отложения. По данным рентгенофазового анализа состав твердой фазы прудковых отложений представлен смешаннослойным иллит-монтмориллонитом триоктаэдрическим (63%), минералами кварца, доломита и т.д. (37%).

Монтмориллонит триоктаэдрический (сапонит) является представителем минералов с подвижной кристаллической решеткой, для которых характерно наличие слоя связанной воды, существенно влияющего на природу фильтрационных процессов. Косвенным признаком присутствия большого количества связанной влаги в хвостовых отложениях являются значительные деформации набухания и низкая седиментационная активность [2,3].

С целью изучения возможности использования прудковых отложений в конструкциях защитных экранов на полигонах твердых бытовых и промышленных отходов была поставлена серия экспериментов по исследованию седиментационных и фильтрационных свойств отложений. В качестве исходного материала использовалась глинистая суспензия плотностью $\rho = 1,12 \dots 1,16 \text{ г/см}^3$ и влажностью $W = 3,0 \dots 5,5$, отобранная из пруда-отстойника хвостохранилища с глубин 1,0–4,0 м.

Эксперименты проводились с образцами, подготовленными по 5 различным схемам:

1. Образец «0». Глинистая суспензия отстаивается в седиментационно-фильтрационном приборе. Время седиментации составляет от 4 до 6 мес. Плотность образца увеличивается до значений $\rho = 1,20 \dots 1,30 \text{ г/см}^3$, влажность $W = 2,1 \dots 2,5$.

2. Образец «I». В исходный материал вводят низкомолекулярную добавку, содержащую катионы натрия. Время седиментации составляет 15-20 суток. При этом плотность осадка увеличивается до значений $\rho = 1,25 \dots 1,30 \text{ г/см}^3$, влажность $W = 2,1 \dots 2,3$.

3. Образец «II». Исходный материал подвергается центрифугированию в течение 5 мин при скорости вращения ротора 5000 об/мин. Плотность осадка увеличивается до значений $\rho = 1,45 \dots 1,55 \text{ г/см}^3$. Введение перед центрифугированием в состав суспензии низкомолекулярной добавки способствует осветлению надосадочной жидкости. Результаты эксперимента представлены на рис. 1.

4. Образец «III». В качестве исходного материала используется образец «I». Далее образец подсушивается до влажности $W = 0,7 \dots 0,9$, при этом его плотность достигает значений $\rho = 1,50 \dots 1,60 \text{ г/см}^3$.

5. Образец «IV». Исходный материал высушивается до постоянной массы при температуре $100 \pm 5^\circ \text{C}$, измельчается и просеивается на ситах с размером отверстий 1 и 5 мм, т.е. для проведения экспериментов готовятся образцы с размером микроагрегатов менее 1 и менее 5 мм.

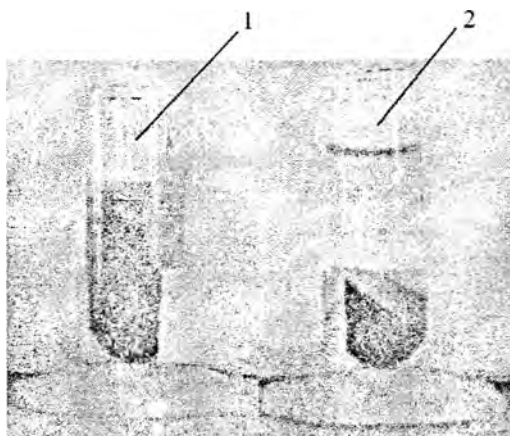


Рис. 1. Осаждение прудковых отложений с использованием центрифуги:
1 – без добавки; 2 – с низкомолекулярной добавкой

Для оценки влияния добавок на скорость седиментации в настоящей статье используется понятие относительного седиментационного объема δ , определяемого по формуле

$$\delta = V_{sed} / V_0 \quad (1)$$

где V_{sed} – объем неосветленной части глинистой суспензии в момент времени t ;

V_0 – начальный объем глинистой суспензии.

Результаты исследования седиментационных свойств представлены на рис. 2.

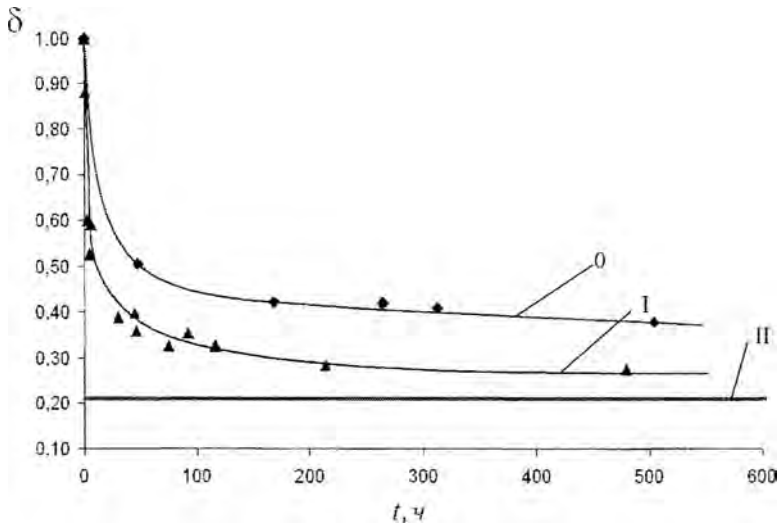


Рис. 2. Зависимость относительного седиментационного объема от времени. Цифрами обозначены схемы подготовки образцов

Для определения фильтрационных свойств подготовленных образцов проводили испытания в компрессионно-фильтрационном приборе конструкции Д.Д. Козмина (рис. 3). Слой исследуемого материала укладывался между двумя слоями песка с геотекстилем

(дорнитом). Предварительно нижний слой песка (3) уплотнялся до максимальной плотности при оптимальной влажности, слой песка (5) имел насыпную плотность.

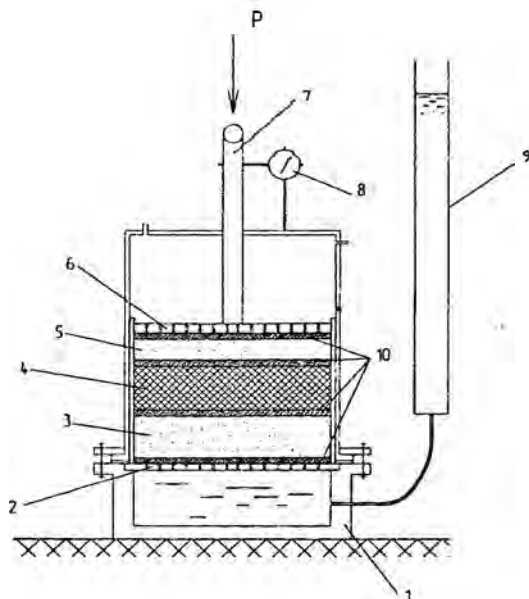


Рис. 3. Компрессионно-фильтрационный прибор:

- 1 – камера с водой; 2 – перфорированный диск; 3 – уплотненный песок;
- 4 – прудковые отложения; 5 – песок; 6 – перфорированный поршень; 7 – шток;
- 8 – индикатор часового типа; 9 – пьезометр; 10 – геотекстиль

Многослойный образец при закрепленном штоке (7) выдерживали до полного водонасыщения в течение 15 суток [3]. Испытания проводили при ступенях нагрузки 0, 10, 20, 40, 60, 100 кПа. На каждой ступени после стабилизации деформаций определяли водопроницаемость образца.

Для построения компрессионной кривой прудковых отложений была проведена серия отдельных опытов с песком и геотекстилем, позволившая дифференцировать осадку многослойного образца.

По результатам испытаний получены кривые уплотнения образцов прудковых отложений в виде зависимости $\rho_d = f(p)$, где ρ_d – плотность скелета прудковых отложений (рис. 4). Для каждого значения ρ_d построены зависимости скорости фильтрации от градиента напора (рис. 5). Области применения прудковых отложений представлены на рис. 6

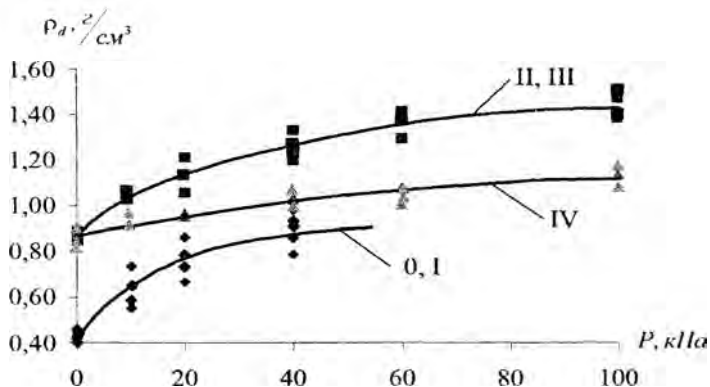


Рис. 4. Зависимость плотности скелета хвостовых отложений от давления.
Цифрами обозначены схемы подготовки образцов

В соответствии с нормативным документом [4] при проектировании противофильтрационных экранов полигонов для твердых бытовых отходов допускается использование слоя глины (толщиной не менее 0,5 м) с коэффициентом фильтрации не более $1 \cdot 10^{-3}$ м/сут. А при проектировании полигонов по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов [5] разрешается применять глиняные однослойные и двухслойные экраны (толщиной не менее 0,5 м) с коэффициентом фильтрации не более $0,08 \cdot 10^{-3}$ м/сут.

Результаты проведенных исследований показывают, что отходы обогащения кимберлитовых руд, в частности прудковые отложения, при плотности скелета более $0,7...1,0$ г/см³ можно использовать в качестве основного компонента противофильтрационных экранов на полигонах твердых бытовых и промышленных отходов. А при плотности скелета более $1,12...1,16$ г/см³ допускается применение

прудковых отложений на полигонах по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов.

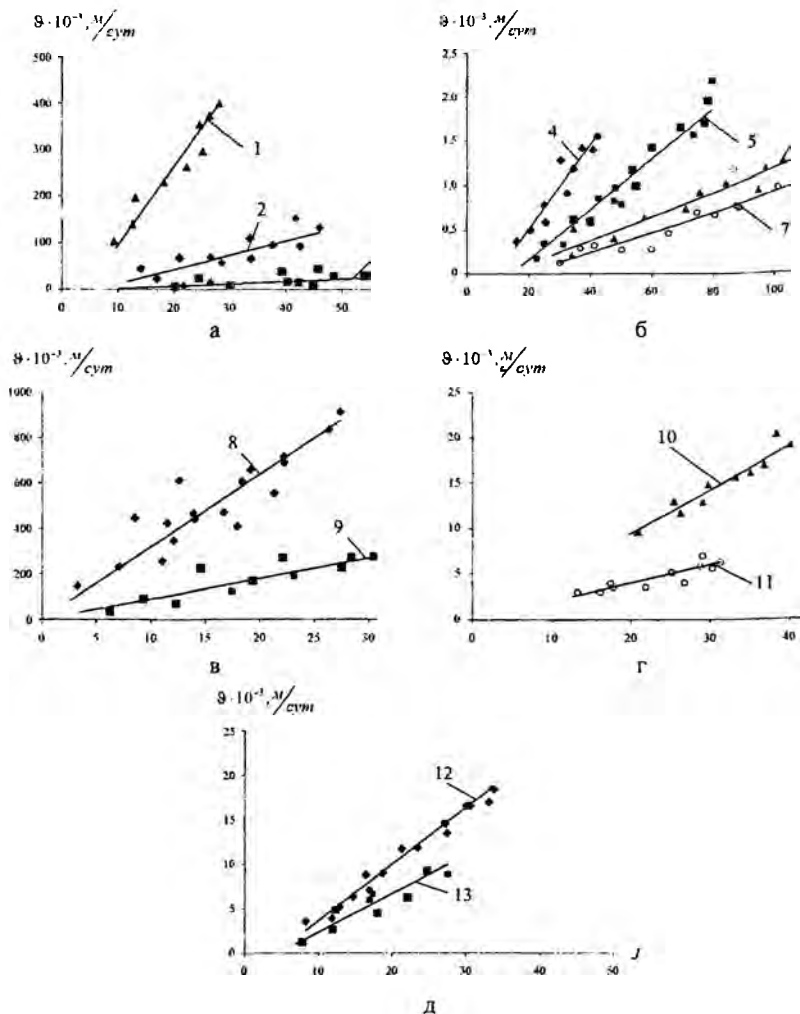


Рис 5. Зависимость скорости фильтрации прудковых отложений от градиента напора. Схемы подготовки образцов: а – 0, 1; б – II, III; в, г – IV ($d < 5 \text{ мм}$), д – IV ($d < 1 \text{ мм}$). Плотность скелета в г/см^3 составляет: 1 – 0,4; 2 – 0,64; 3 – 0,76; 4 – 1,14; 5 – 1,27; 6 – 1,35; 7 – 1,43; 8 – 0,87; 9 – 0,96; 10 – 1,03; 11 – 1,08; 12 – 0,87; 13 – 0,96

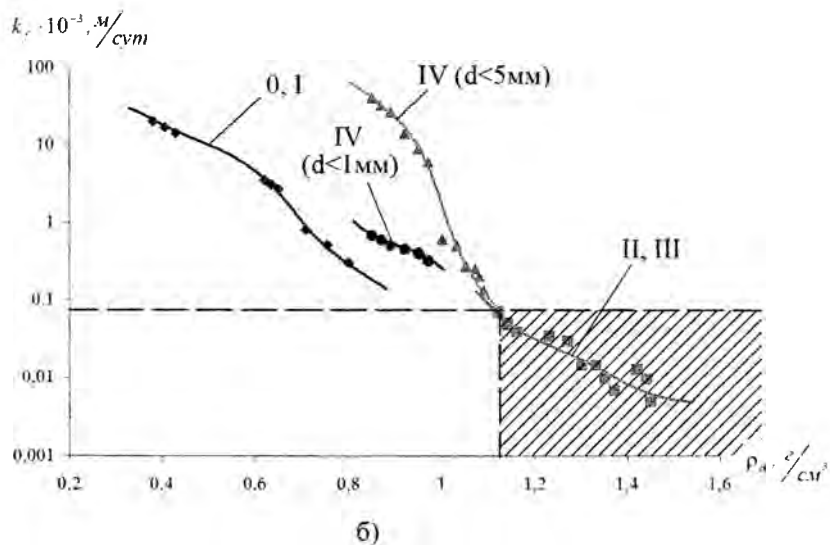
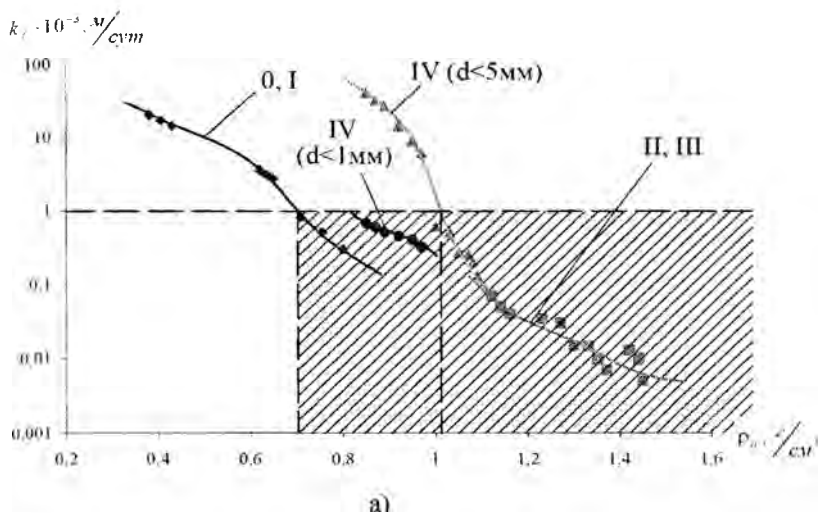


Рис 6. Области применения прудковых отложений заштрихованы для полигонов:
 а) ТБО; б) по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов.
 Цифрами обозначены схемы подготовки образцов

Разработка и внедрение технологии изготовления противофильтрационных экранов на основе отходов обогащения позволит получить двойной экологический эффект. Во-первых, обеспечивается экологическая безопасность эксплуатации полигонов ТБО и токсичных промышленных отходов, во-вторых, решается вопрос с утилизацией отходов обогащения кимберлитовых руд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород: в 2 т. Лабораторные методы / под ред. Е.М. Сергеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Недра, 1984. – Т. 2. – 438 с.

2 Невзоров, А.Л. Исследование свойств хвостовых отложений, образующихся при разработке месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова, как источника техногенной нагрузки на окружающую среду / А.Л. Невзоров, А.А. Коршунов // Лесной журнал. – № 4. – С. 140–144.

3 Невзоров, А.Л. Исследование набухания хвостовых отложений, образующихся в процессе обогащения кимберлитовых руд месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова / А.Л. Невзоров, А.А. Коршунов // Вестник Архангельского государственного технического университета Серия «Прикладная геоэкология». – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – Вып. 70. – С. 130–134.

4 Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. Утв. Минстрой РФ от 02.11.1996. – М.: Стройиздат, 1998.

5 СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию. – М.: Стройиздат, 1985. – 16 с.