



## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 624.131.4

**А.Л. Невзоров, А.А. Коршунов**

Невзоров Александр Леонидович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов, ректор Архангельского государственного технического университета. Имеет более 150 печатных работ в области инженерной геологии, геоэкологии и фундаментостроения.



Коршунов Алексей Анатольевич родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Архангельский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов. Имеет 5 печатных работ в области фундаментостроения.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ХВОСТОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК ИСТОЧНИКА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Установлено, что комплексный подход к переработке отходов с учетом особенностей производственного цикла обогащения кимберлитовых руд позволяет минимизировать техногенное воздействие на окружающую среду региона.

*Ключевые слова:* сапонит, седиментация, фильтрация.

Одним из источников техногенного воздействия предприятий алмазодобывающей промышленности на природную среду являются так называемые хвостохранилища. Основные направления снижения их воздействия – комплексная переработка и утилизация отходов.

В 2002 г. начата промышленная разработка кимберлитовых руд месторождения им. М.В. Ломоносова, расположенного в 100 км к северу от г. Архангельска. Изучение минерального и химического составов, лабораторное опробование возможных способов утилизации хвостов обогащения указывают на перспективность их применения в различных отраслях промышленности.

Основным компонентом этих отходов является сапонит – минерал из подкласса слоистых силикатов, химический состав которого может быть выражен формулой  $\text{NaMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  [1]. В настоящее время содержание сапонита в отходах не превышает 20 %, дальнейшая разработка месторождения приведет к значительному повышению его концентрации в накопителях.

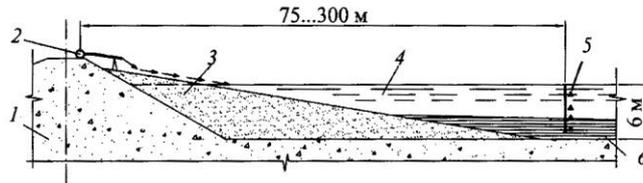


Рис. 1. Поперечный профиль дамбы хвостохранилища: 1 – дамба I очереди; 2 – пульпопровод; 3 – пляжная зона; 4 – пруд-отстойник; 5 – точки отбора проб; 6 – прудковые отложения

Отходы, отличающиеся высоким содержанием магнезиальных глин, могут быть использованы для производства керамических и прессованных стеновых материалов, керамзита и пористых наполнителей бетона, а также сорбентов и катализаторов [4].

В процессе проведения работ нами осуществлен отбор проб воды и донных отложений из пруда-отстойника с глубины 1 ... 4 м (рис. 1.). Физические свойства отложений (плотность, влажность, плотность частиц) определены в соответствии с требованиями ГОСТ 5180–84 [3], гранулометрический состав – ГОСТ 12536–79 [2].

Лабораторные исследования показали, что содержание твердой фазы с глубиной постепенно возрастало от 0,18 до 26,20 % (см. таблицу).

#### Изменение физических свойств хвостовых отложений по глубине

Глубина отбора, м	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, ед.	Плотность частиц, г/см <sup>3</sup>	Содержание, %	
				твердой фазы	воды
1	1,00	–	2,84	0,18	99,82
2	1,12	4,93	2,84	16,81	83,19
3	1,14	4,32	2,85	19,00	81,00
4	1,20	2,85	2,85	26,20	73,80

Кривые гранулометрического состава образцов, отобранных с разных глубин, представлены на рис. 2. По гранулометрическому составу прудковые отложения (классификация В.В. Охотина [6]) соответствуют суглинкам и глинам. Графики изменения плотности скелета  $\rho_d$  и коэффициента пористости  $e$  по глубине приведены на рис. 3. Полученные характеристики свидетельствуют, что в естественных условиях отложения находятся в воде во взвешенном состоянии даже через 1,5 года после размещения в накопителе. Вода до глубины 1,0...1,5 м осветляется и практически не содержит твердых частиц.

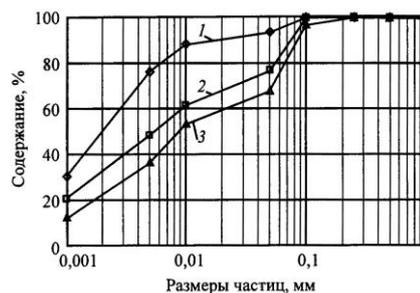


Рис. 2. Графики гранулометрического состава прудковых отложений на глубине 2 (1), 3 (2) и 4 м (3)

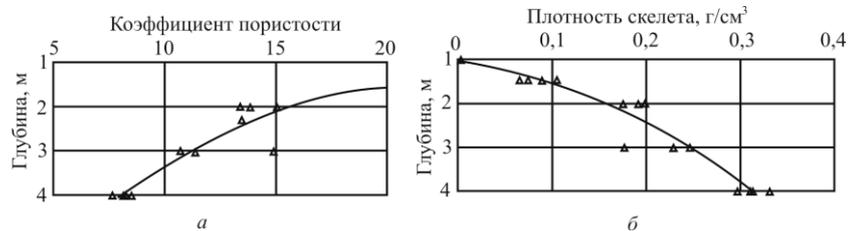


Рис. 3. Изменение коэффициента пористости грунта (а) и плотности скелета  $\rho_d$  (б) от глубины отбора пробы

Для изучения кинетики осаждения и свойств отложений был изготовлен седиментационно-фильтрационный прибор (рис. 4), позволяющий определять скорость осаждения твердых частиц в суспензии дифференцированно во времени, измерять проницаемость слоев осадка, образующегося на разных этапах осаждения для жидкостей заданного состава. На предлагаемый прибор получен патент [5].

Наличие 4 секторов с крышками, позволяет определять скорость седиментации (осаждения) твердых частиц на разных этапах. Так, открывая крышки секторов через определенное время, можно регулировать толщину осадка в каждом секторе. Для образовавшегося в 4 секторах осадка одновременно может быть определен коэффициент фильтрации при различных значениях градиента напора.

Для моделирования процесса осаждения твердых частиц в прудеотстойнике прибор заполняли суспензией из накопителя (рис. 5).

Результаты лабораторного эксперимента свидетельствуют, что процесс седиментации происходит очень медленно. График изменения толщины осадка (твердая фаза) во времени представлен на рис. 6. Результаты исследования образцов, отобранных из прибора через 50 сут, показали, что процесс осаждения не прекратился, донные отложения находятся в воде во взвешенном состоянии ( $W = 9,96$ ,  $\rho_d = 0,09$  г/см<sup>3</sup>). В естественных условиях, когда надводные потоки гидросмеси по-

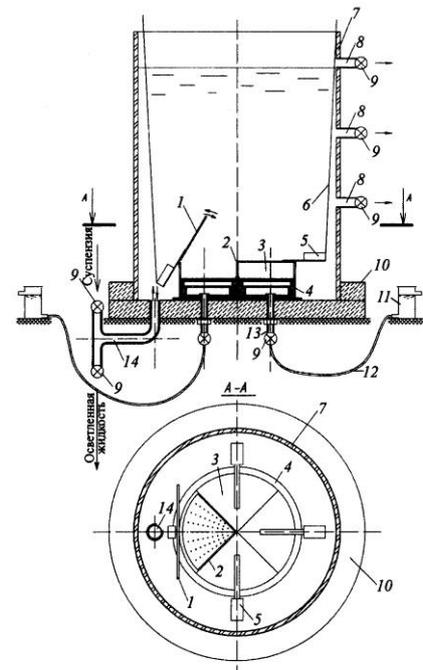


Рис. 4. Схема седиментационно-фильтрационного прибора: 1 – крышка; 2 – вертикальные диафрагмы; 3 – сектор прибора; 4 – корпус прибора; 5 – противовес; 6 – трос; 7 – прозрачный мерный стакан; 8 – сливной патрубков; 9 – кран; 10 – основание прибора; 11 – емкость для фильтра; 12 – отводящая трубка; 13 – отводящий патрубков; 14 – труба для подачи суспензии

падают в пруд-отстойник, вызывая вовлечение седиментирующих отложений, процесс осаждения твердой фракции хвостов происходит еще медленнее. Содержание пылеватых и глинистых частиц (до 70 % по массе) в образцах, отобранных из прудковой зоны отстойника, обуславливает длительный процесс седиментации, что подтверждено полевыми и лабораторными исследованиями.

После завершения процесса седиментации (через 6 мес.) определены фильтрационные характеристики осадка и построены зависимости скорости фильтрации воды от градиента напора (температура  $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) при различных значениях плотности скелета  $\rho_d$  (рис. 7). Коэффициент фильтрации равен  $(4,5 \dots 8,0) \cdot 10^{-5}$  м/сут при начальном градиенте напора 3,75 ... 4,00.



Рис. 5. Процесс седиментации



Рис. 6. График изменения толщины осадка во времени

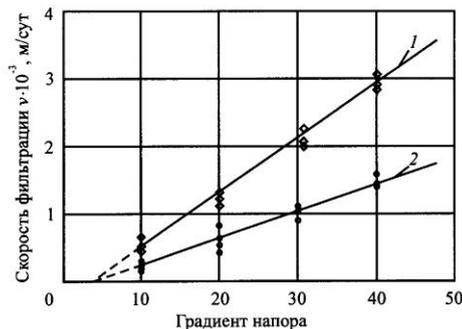


Рис. 7. График зависимости скорости фильтрации от градиента напора:  
1 –  $\rho_d = 0,75$ ; 2 – 1,00

Результаты исследований физических и фильтрационных свойств хвостовых отложений свидетельствуют о необходимости применения новых способов утилизации отходов алмазодобывающей промышленности. Комплексное рассмотрение вопроса переработки отходов с учетом особенностей производственного цикла обогащения кимберлитовых руд позволит минимизировать техногенное воздействие на окружающую среду региона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая советская энциклопедия [Текст]: в 30 т. / под ред. А.М. Прохорова. – М.: Советская энциклопедия, 1978.

2. ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава [Текст]. – Взамен ГОСТ 12536–67; введ. 1980–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 24 с.

3. ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик [Текст]. – Взамен ГОСТ 5180–75, ГОСТ 5181–78, ГОСТ 5182–78, ГОСТ 5183–77; введ. 1985–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 24 с.

4. *Минченко, Г.В.* Перспективы разработки месторождений алмазов Архангельской области [Текст] / Г.В. Минченко, В.А. Ларченко, В.П. Степанов, А.А. Фомин // Развитие минерально-сырьевой базы Архангельской области: проблемы, перспективы, задачи: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Вып. 3. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2006. – С. 252–263.

5. Седиментационно-фильтрационный прибор [Текст]: заявка 2006134841/22 РФ: МПК G 01N15/08/ Невзоров А.Л., Коршунов А.А. (RU); патентообладатель АГТУ; заявл. 02.10.06; приоритет 02.10.06.

6. *Сергеев, Е.М.* Грунтоведение [Текст] / Е.М. Сергеев, Г.А. Голодковская, Р.С. Зиангиров; под общ. ред. Е.М. Сергеева. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 388 с.

Архангельский государственный  
технический университет

*A.L. Nevzorov, A.A. Korshunov*

### **Investigation of Tailing Deposits Characteristics as Source of Technogeneous Load on Environment**

It is established that complex approach to waste treatment taking into account the production cycle peculiarities of kimberlite ore dressing allows to minimize technogeneous load on the environment of the region.

