УДК 622.271

**А.Ю.ОБЛИЦОВ**, *аспирант, antonoblitsov@mail.ru*
*Санкт-Петербургский государственный горный институт* (*технический университет*)

**A.U.OBLITSOV,** *post-graduate student, antonoblitsov@mail.ru*
*Saint Petersburg State Mining Institute* (*Technical University*)

# УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОДЫ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИМ М.В.ЛОМОНОСОВА

В статье рассматриваются вопросы утилизации отходов обогащения месторождения алмазов им. М.В.Ломоносова с учетом важных особенностей данного месторождения, а также перспективы получения строительных материалов на основе продуктов обогащения.

***Ключевые слова*:** отходы обогащения, глинистые минералы, алмазы, утилизация, строительные материалы

# UTILIZATION OF ENRICHMENT WASTE OF DIAMONDIFEROUS ROCK ACCOUNTING PECULIARITIES OF M.V.LOMONOSOV DEPOSIT

In given article the questions of enrichment waste utilization of M.V.Lomonosov diamond deposit are considered taking in account some important peculiarities of this deposit and prospective of obtaining building materials on basis of enrichment waste products is stated.

***Key words*:** enrichment waste, clay mineral, diamonds, utilisation, building materials.

С июня 2005 г. на месторождении им. Ломоносова в составе Ломоносовского ГОКа действует обогатительная фабрика № 1 (ОФ-1), созданная по рабочему проекту ЗАО «Механобр», в текущий момент отрабатывающая руду трубки Архангельская в плановых объемах.

В настоящее время работа месторождения им. Ломоносова осложнена рядом факторов, один из которых утилизация большого объема хвостов, а также технологические сложности обогащения алмазной породы. Отличительной особенностью месторождения является высокое содержание глинистых минералов группы смектитов (монтмориллонит, сапонит) (от 30 до 70 %) в кимберлитовой породе, что существенно сказывается на производственных процессах [1]. Содержание глинистой фракции в хвостохранилище достигает 67 %. Главная сложность заключается в том, что на практике глина в процессе обогащения на обогатительной фабрике ОФ-1 подвергается водонасыщению в тяжелой среде и увеличивает свой объем в 3-4 раза, требуя большие объемы под складирование.

Значительное увеличение объемов хвостов, связанное с повышенным водонасыщением глинистой породы, приводит к увеличению размеров хвостохранилища, выражающемуся как в наращивании дамбы, так и к занятию новых площадей, что ведет к дополнительным затратам [2].

Содержание глинистых минералов в породе поступающей в приемный бункер ОФ-1 колеблется и зависит от места добычи

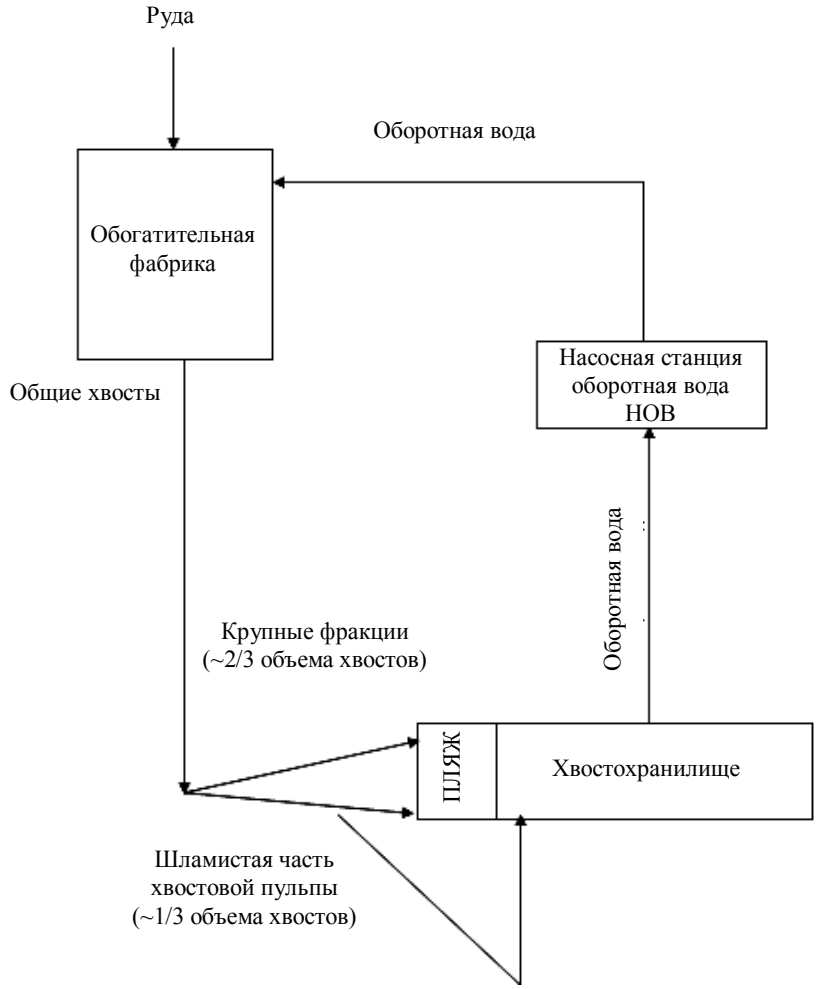



Рис.1. Принципиальная схема функционирования хвостохранилища и обогатительной фабрики

в карьере, в среднем составляя 30 % исходной породы. Из приемного бункера порода попадает в мельницу мокрого самоизмельчения (ММС). Обычный расход воды ММС составляет от 60 до 100 м$^3$/ч, но при сильной глинизации расход воды может составлять 200 м$^3$/ч и более. Но повышение расхода воды при большом количестве глины не всегда позволяет проводить процесс измельчения, частицы слипаются, работа мельницы может быть остановлена. При остановке мельницы вода, содержащая частицы породы, а также потенциальные алмазы, сливается в зумпф хвостовых насосов, и направляется на хвостохранилище. Таким образом, при высокой глинистости породы с большой частотой могут возникать непрогнозируемые аварии с потенциальной потерей алмазов.

Другой технической проблемой, связанной с вопросом утилизации отходов, является осветление оборотной воды на хвостохранилище, то есть процесс сгущения и осаждения твердых частиц взвеси с получением оборотной воды.

Потребность обогатительной фабрики в оборотной воде составляет 450 м$^3$/ч с содержанием твердых частиц не более 5 г/л. Осветление оборотной воды на хвостохранилище происходит с добавлением флокулянта (расход 135 г/т). Минеральный состав твердых частиц на 70 % представлен глинистыми минералами, самопроизвольно диспергирующими в водной среде с образованием гелеобразных коллоидно-дисперсных трудносгущяемых частиц твердого. Флокулянт блокирует самопроизвольную диспергацию. С повышением температуры происходило улучшение

процесса сгущения хвостов. В зимнее время с понижением температуры повышается вязкость пульпы, и процесс сгущения происходит медленнее. Вследствие этого не всегда получается обеспечить необходимый объем качественно осветленной оборотной воды в 450 $м^3$/ч. В свою очередь это вызывает либо забор плохо осветленной воды на фабрику (содержание твердых частиц свыше 200 г/л), что ведет к ухудшению работы фабрики и негативно влияет на тот же процесс самоизмельчения в ММС, либо влечет остановку фабрики из-за нехватки оборотной воды при слишком плохом ее качестве.

С учетом перечисленных проблем становится очевидно, что именно большое количество глины создает технологические сложности в процессе обогащения и ставит вопрос об утилизации отходов обогащения, размещаемых на хвостохранилище. Идея утилизации отходов обогащения не нова и высказывалась достаточно давно [3], но до последнего времени представлялась сложно осуществимой технически из-за необходимости предварительной подготовки к утилизации, то есть получения обезвоженной твердой фракции.

В настоящее время имеется несколько технически осуществимых решений задачи обезвоживания хвостов. К ним можно отнести вымораживание глинистой суспензии в специальных отстойниках, воздействие ультразвуком, магнитная обработка суспензии. Данные методы, а также их совокупность экспериментальным путем подтвердили свою эффективность.

Существует несколько широко известных способов утилизации минералов монтмориллонита и сапонита, не применяемых на данный момент на месторождении им. М.В.Ломоносова, одним из которых является использование глинистых минералов группы смектитов для производства строительных материалов. Монтмориллонит и сапонит, будучи глинистым магнезиальным сырьем, могут быть применены в производстве таких строительных материалов как керамический кирпич, прессованные стройматериалы, цемент и пр. Располагая отобранной с хвостохранилища глинистой пульпой, была поставлена задача экспериментального получения образцов стройматериалов. Отходы обогащения, отобранные с различных пляжей хвостохранилища, отмеченных пикетами (12.39, 12.40, 17.63), а также образцы, полученные из предварительно обезвоженной глинистой суспензии прудковой зоны, были обожжены при температуре 900 °С (см.таблицу). В ходе предыдущих опытов было установлено, что данная температура является оптимальной для обжига данного вида отходов.

**Результаты испытаний образцов керамики на одноосное сжатие**

| Место отбора / Серия | Прочность керамики, МПа | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12,39 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,9 |
| 12,40 | 4,6 | 3,4 | 3,5 | 2,9 | 2,9 |
| 17,63 | 6,5 | 6,7 | 6,8 | 7,7 | 7,7 |
| Прудковая зона | 10,5 | 11,2 | 11,3 | 10,7 | 10,7 |

Полученные образцы являются подтверждением способности хвостов обогащения к обжигу и производству керамических изделий на его основе, в частности кирпича и продемонстрировали неплохую прочность, в частности образцы, полученные на основе глинистой суспензии. В ходе дальнейших опытов был получен цементный клинкер марки 250для производства портландцемента. Состав клинкера: 75 % известняк, 25 % – глина. Изготовление керамических образцов и клинкера осуществлялось по методикам, описанным Горчаковым Г.И, Баженовым Ю.М. Также из отходов обогащения потенциально можно получить такие стройматериалы как стеновые материалы (керамические и прессованные), пористые наполнители, керамзитовый гравий [3].

Авторами был проведен опыт по термическому анализу глинистой суспензии для более четкого понимания процессов, происходящих при обжиге, а также уточнения минерального состава. Термический анализ выполнен на термоанализаторе SDT Q600 (США). При нагревании одновременно регистрировались изменения массы – кривая TG (нижняя) и изменения энтальпии – кривая DSC (верхняя) (рис.2).

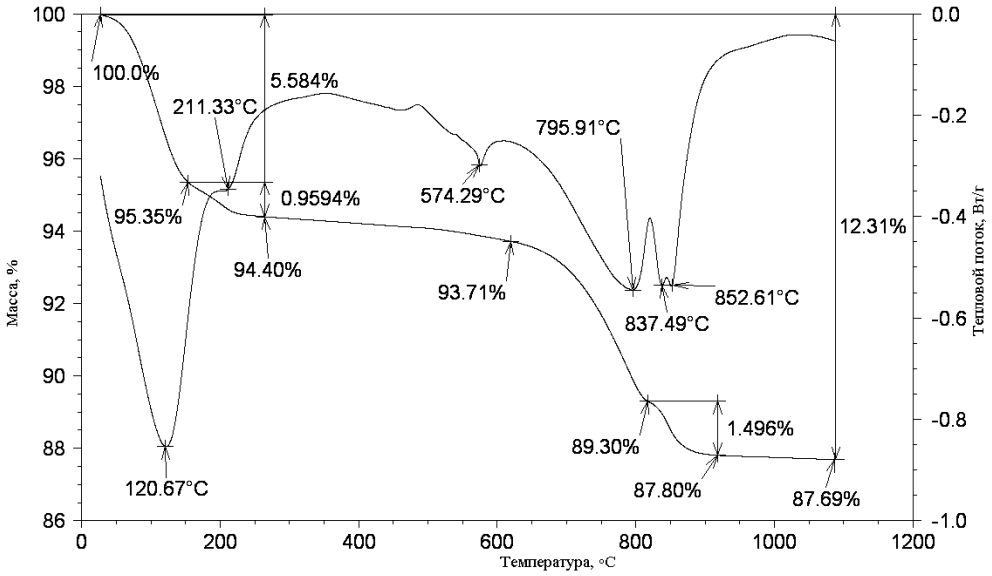



Рис.2. Кривая термического анализа глинистой суспензии

Общие потери массы пробы глины при нагревании до $1150^0$C составляют около 12,3 % от первоначальной.

На кривой DSC в диапазоне 100-300 °C первым наблюдается интенсивный эндотермический пик, что отвечает выделению адсорбционной и межпакетной воды, то есть воды, заполняющей пространство между структурными слоями (пакетами) в глинистых минералах. При этом потери массы на кривой TG составляют около 5,6 %, из которых около 1 % связаны с удалением воды, сопровождающей поглощенные основания (адсорбированные катионы $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$). Данные эндотермические эффекты характерны как для монтмориллонита, так и для сапонита. При температуре около 574 °C наблюдается эндотермический эффект без потери массы, что говорит о присутствии в образце кварца. В диапазоне 700-800 °C (при температуре около 795 °C) на кривой DSC наблюдается интенсивный эндотермический эффект, сопровождающийся потерей массы, зарегистрированной на кривой TG около 4 %. Это связано с удалением структурной воды гидроксогруппы, что характерно для минералов с существенным содержанием монтмориллонита. В диапазоне 800-900 °C наблюдается интенсивный эндотермический эффект, что может быть связано с потерей оставшейся части конституционной воды. Потеря массы при этом составляет около 1,5 %. Интенсивный эндо-эффект в большей степени характерен для сапонита, чем для монтмориллонита. Проанализировав все термические эффекты и сопровождающие их потери массы, можно подтвердить факт того, что суспензия глины представляет собой неразделимую смесь минералов монтмориллонита и сапонита, а также состояний минералов, переходных между ними (ди, триоктаэдрическая структура, незавершенное кристаллическое строение).

В качестве заключения можно сказать, что смектиты и их производные могут быть успешно применены в различных отраслях производства, однако его практической применение в настоящее время мало. Переработка хвостов требует значительных вложений. Основная проблема состоит в обезвоживании глинистой суспензии хвостохранилищ, на которые она поступает с фабрики, а затем уже в реализации перспективных материалов на основе хвостов обогащения. В ближайшей перспективе в производственной деятельности ОАО «Севералмаз» встает задача масштабной утилизации отходов обогащения алмазоносных пород.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Гаранин К.В.* Кимберлитовая трубка Архангельская – месторождение высокомагнезиальных алюмосиликатов / К.В.Гаранин, Д.В.Шпилевая, А.В.Подгаецкий // Сборник материалов 13-й Международной конференции. МГТУ. М., 2008 . С.325-331.

2. *Вержак Д.В.* Алмазные месторождения Архангельской области и экологические проблемы их освоения / Д.В.Вержак, К.В.Гаранин // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 2005. С. 18-27.

3. *Горчаков Г.И.* Строительные материалы: Учеб. для вузов/ Г.И.Горчаков, Ю.М.Баженов. М.: Стройиздат, 1986. 688 с.

**REFERENCES**

1. *Garanin K.V.* Kimberlitic pipe Arkhangelskaya as a high-magnesium aluminosilicate deposit / K.V.Garanin, D.V.Shpilevaya, A.V.Podgaetskiy // Collection of scientific articles of the XIII international conference. Moscow: Publishing of MSTU, 2008. P.325-331.

2. *Verzhak D.V.* Diamond deposits of Arkhangelsk region and problems of their mining / D.V.Verzhak, K.V.Garanin // Journal of Moscow State University. Series 1. Geology, 2005. P. 18-27.

3. *Gorchakov G.I.* Construction materials. Textbook / G.I.Gorchakov, U.M.Bazhenov. Moscow: Stroizdat, 1968. 688 p.