

УДК 691.33:622.01:504

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ЭКОНОМИКИ МНОГОТОННАЖНЫХ
ОТВАЛЬНЫХ ШЛАМОВ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Канд. техн. наук Ш.К. Торпищев

Канд. техн. наук М.А. Шинтемиров

В работе рассмотрены некоторые проблемы экологии и экономики отвальных шламов производства глинозема и перспективы их эффективной утилизации в строительной индустрии.

Программа индустриально-инновационного развития Республики предполагает выявление и всемерное использование резервов народного хозяйства, в первую очередь вторичных ресурсов. Основное отличие вторичных ресурсов состоит в том, что они, будучи отходом производства для одних предприятий, являются ценным сырьем для других. Как показывает опыт, отсутствие должного внимания вопросам использования вторичных ресурсов определяет необходимость значительных капитальных вложений и эксплуатационных издержек на их удаление и хранение. К тому же, это причина дополнительных, зачастую весьма значительных, потерь в народном хозяйстве, вызываемых воздействием их на окружающую среду.

Исключительное значение имеет проблема комплексного использования многотоннажных отвальных шламов (бокситового и нефелинового) глиноземного производства. Объем этого вида отходов в отвалах заводов по странам СНГ уже составляет более 900 млн. т и продолжает достаточно динамично увеличиваться. В среднем при производстве 1 тонны глинозема образуется 2...6 тонн шламовых отходов. В связи с имеющейся тенденцией к увеличению объемов производства глинозема в самой ближайшей перспективе потребуются дополнительно значительные площади под отвалы, что неизбежно приведет к сокращению площадей ценных пахотных и лесных угодий. На многих глиноземных заводах емкости шламохранилищ полностью использованы и возможности их расширения весьма проблематичны, так как окружающие территории, запроектированные под отвалы, в большинстве случаев застроены. Все труднее становится находить вблизи этих производств участки малоценных земель достаточной площади или естественные понижения местности для организации шламоотвалов. В результате удлиняются и усложняются трассы шла-

мопроводов, а следовательно растет и стоимость их эксплуатации и содержания. Следует отметить, что сейчас постепенно теряет значение понятие «малоценные земли», так как мелиоративные и другие работы нивелируют качество сельхозугодий, а овраги во все больших размерах используются для образования искусственных водоемов. Удлинение шламопроводов и рост удельных и абсолютных эксплуатационных расходов по гидрошламоудалению делают эти затраты весьма значительным элементом общих капитальных вложений и эксплуатационных расходов в производстве глинозема. Так, капитальные затраты в гидрошламоудаление составляют в среднем 15...19 % от их общего уровня, а эксплуатационные издержки - порядка 12...16 %.

Кроме того, следует учитывать: шламовые отходы содержат значительное количество остаточных водорастворимых щелочных соединений, которые, просачиваясь в почву и попадая вместе с грунтовыми водами в естественные водные источники, загрязняют их и наносят непоправимый урон фауне и флоре. Необходимо также иметь в виду, что шламовые отходы некоторых глиноземных производств находятся в тонкодисперсном состоянии (размер частиц 10...25 мкм, т.е. примерно в 3...6 раз мельче зерен цемента) и являются источником загрязнения окружающей среды пылевидными частицами, эффективных способов борьбы с которыми до сих пор не придумано. Актуальность проблемы утилизации шламов глиноземного производства диктуется необходимостью хотя бы частичного решения экологических вопросов в местах их скопления.

В то же время, значительные объемы шламохранилищ предполагают возможность организации крупных предприятий по комплексной их переработке, экономическая эффективность которой должна определяться с учетом снижения стоимости основных видов продукции (глинозема) за счет сокращения затрат на транспортирование отходов, организацию и содержание отвалов, а также с учетом реализации дополнительной продукции. Интересы народного хозяйства требуют полного и комплексного использования многотоннажных остатков как действующих глиноземных производств, так и строящихся.

Известные ныне способы производства глинозема можно разделить на три группы: электротермические, кислотные и щелочные. Наиболее широко применяются щелочные способы производства, заключающиеся в обработке руды растворами щелочей для превращения глинозема в растворимый алюминат натрия. Фильтрованием последний отделяется от

остатка, носящего название «шлам». Из раствора алюмината осаждают и отфильтровывают гидрат окиси алюминия. Полученный гидрат окиси алюминия прокаливается с целью превращения его в окись, пригодную для производства металлического алюминия.

Превратить же содержащийся в сырье глинозем в алюминат натрия при щелочном производстве можно разными способами. Наибольшее распространение в мире получил гидрохимический способ «Байера», предполагающий первоначальную обработку боксита непосредственно раствором едкой щелочи (так называемый «мокрый» способ). По «сухому» способу производства руду с солями щелочных и щелочноземельных металлов спекают во вращающихся печах при температуре 1300...1350 °С, затем из полученного спека выщелачивают алюминат, который в дальнейшем подвергают разложению (способ «Яковина-Мюллера») или плавят в электропечах. «Сухой» способ («спекания») обладает большей универсальностью и позволяет получить глинозем из самого различного сырья, в том числе высококремнистого.

Генеральным направлением комплексной утилизации шламовых отходов глиноземного производства является строительство. Как известно, новая система планирования и экономического стимулирования в капитальном строительстве требует создания значительных резервов строительных материалов. Широкое вовлечение в хозяйственный оборот шламовых отходов глиноземного производства позволит в известной степени решить эту задачу, что в свою очередь, даст возможность обеспечить стройки дешевыми стройматериалами из местного сырья в соответствии с их потребностями.

Бокситовые шламы, полученные при переработке бокситов методом «спекания» всегда рассматривались как материалы с высокой гидравлической активностью. Однако использование их в производстве цемента по разным причинам оказалось недостаточно эффективным. Грандиозные масштабы строительства в Республике обуславливают резкий и устойчивый рост потребности в цементе, что заставляет задуматься о разработке различных режимов его экономии.

Экономия цемента предполагает уменьшение требуемого его расхода в составе растворов и бетонов, основным условием которой является применение цементов с активностью, технически и расчётно соответствующей с заданной прочностью бетонов и другими их качествами. Однако зачастую расходы цемента таковы, что не позволяют наиболее рациональ-

но использовать его потенциальную активность. Так, при монолитном бетонировании используются смеси повышенной подвижности (достигаемой за счет увеличенного содержания воды, а следовательно, цемента) с использованием цементов активностью в 2...3 раза превышающей класс бетона. Ввиду фактического отсутствия заводских цементов активностью менее 200...250 кг/см² допускается еще большее превышение марки цемента над классом бетона.

Таким образом, при изготовлении бетонов повышенных классов отсутствие цементов, активностью в три раза превышающей класс бетона, вынуждает применять совершенную технологию приготовления и укладки бетонных смесей, а при изготовлении изделий из бетонов классов по прочности на сжатие В3,5-В7,5 на цементах активностью 30...40 МПа и выше это не обязательно, поскольку предельный расход цемента 220...200 кг/м³ смеси, назначаемый исходя из требований обеспечения необходимой связности бетонной смеси и плотности бетона, обеспечивает получение марки с большим запасом. Еще более нерациональным является применение высокоактивных цементов в кладочных растворах марок 5...2,5 и ниже.

Молотые отвальные шламы глиноземного производства в полной мере обладают свойствами такой универсальной добавки и являются наиболее технико-экономически эффективными, что подтверждается результатами многочисленных исследований как в нашей стране, так и за рубежом. Особое место в плане возможной утилизации их в качестве молотой гидравлической добавки или заполнителя в строительных растворах и бетонах занимают бокситовые шламы, полученные от переработки бокситов в глинозем методом «спекания».

На базе «спекательных» бокситовых шламов могут быть получены бесклинкерные (или с минимальным содержанием клинкера) гидравлические вяжущие самой широкой номенклатуры (глиношламовый порошок, белитовый цемент, гипсошлакобелитовые вяжущие, известково-шламовые низкомарочные цементы, смешанные гидравлические гипсы, песчано-шламовые смеси для плотных силикатных бетонов и автоклавных ячеистых бетонов, местные шламокарбонатные портландцементы и др.), возможность организации производства которых в настоящее время, к сожалению, даже не обсуждается.

В связи с этим интересно сопоставить картину структуры рынка цементов (по маркам), выпускаемых отечественной промышленностью, с данными по структуре рынка бетонов и растворов, применяемых для про-

мышленного и гражданского строительства. Так, например, потребность на стройках Республики в вяжущих по маркам (в %) и данные по объемам производства в цементной промышленности за 1990...2002 гг. представляются в следующем виде:

Марка цемента	200	250	300	400	500	600
Уровень потребления	14	18	29	30	8	1
Объемы производства	-	-	18	67	13	2

Поступление на стройки цементов марок 200 и 250 фактически прекратились еще с начала 60-х годов, и основные акценты в объемах производства сместились в область марок 300...500. Указанное обстоятельство весьма отрицательно сказалось на технически рациональном соотношении между средними классами бетонов, применяемых стройками, и средними марками получаемых ими цементов.

С учетом специфики строительных работ по отдельным министерствам ориентировочно общая картина распределения цементов в производстве растворов и бетонов представляется следующим образом:

	бетоны	растворы	шлакобетоны	прочие
тыс т.	71,0	23,8	7,7	6,5
%	65	22	7	6

Приняв структуру распределения бетонов и растворов по классам по прочности на сжатие в следующем соотношении (в %):

Класс бетона			Марка раствора		
B3,5-B5	B7,5-B10	B15 и выше	B1	B2,5	B3,5 и выше
9	67	24	50	40	10

а также допустимое отношение $R_u/R_b = 3$ и минимальный допустимый расход цемента на 1 м^3 бетона – 200 кг/м^3 , получим следующую картину несоответствия между технически рациональной потребностью строительства в цементах той или иной активности и фактическим его наличием (табл.).

По самым приближенным расчетам дефицит вяжущих низких марок 200...300 в строительстве на сегодняшний день составляет порядка 4850 т, который с большим успехом можно восполнить за счет организации массового производства белитовых цементов на основе бокситовых шламов. В то же время открывается реальная перспектива высвобождения 15300 т высокомарочных портландцементов марок 400...600.

Потребность строительства в цементах и его наличие

Класс бетона или марка раствора	%	Технически обособленная марка цемента	Количество бетона, тыс. м ³	Потребность в цементе при расходе 200 кг/м ³ , тыс. т	Поступает цемента, тыс. т	Баланс, тыс. т
B3,5-B5	9	200	2,8	0,7	–	–0,7*
B7,5	23	250	6,9	1,7	0,5	–1,2
B10	44	300	13,2	3,3	1,7	–1,6
B12,5	9	400	2,8	0,7	8,0	+7,3*
B15	11	500	3,3	0,8	3,5	+2,7
B20	4	600	1,3	0,4	0,1	–0,3
B1	50	250	5,1	1,0	–	–1,0
B2,5	40	300	3,9	0,8	0,45	–0,35
B3,5	10	400	1,1	0,2	5,5	+5,3

Примечание: Знак минус обозначает недостаток, знак плюс – высвобождение.

Необходимо отметить, что затраты на производство белитовых цементов широкой номенклатуры, предполагающего в основном только сушку и помол шламов до необходимой дисперсности многократно ниже, чем на строительство цементных заводов аналогичной производительности.

Одной из актуальных проблем современного строительства является всемерное повышение уровня тепловой защиты зданий и снижение затрат на отопление. В развитых странах Европы и Америки имеются прецеденты сокращения мощностей по обогреву жилья до 3 кВт·ч/м², что адекватно сжиганию приблизительно 3 кг условного топлива. В нашей стране, как впрочем и других странах СНГ со сходными климатическими условиями, этот показатель составляет более 90 кг (на 1 м² жилой площади).

Для улучшения существующего положения необходимо снижать теплопроводность стенового ограждения за счет:

- устройства многослойной стены с теплоизоляционной вставкой (что является затеей весьма нетехнологичной и дорогостоящей)
- устройства однослойной конструкции из легкого бетона с использованием эффективного пористого заполнителя.

Объемная масса большинства природных и искусственных пористых заполнителей для легких бетонов превышает 200 кг/м^3 , а коэффициент теплопроводности колеблется от 0,08 до 0,19 ккал/м·ч·град.

В нашей стране наиболее распространенным по объемам производства искусственным пористым заполнителем для легких бетонов является керамзит, насыпная плотность которого в среднем $580 \dots 650 \text{ кг/м}^3$, что позволяет получать бетон на его основе плотностью не менее $1200 \dots 1250 \text{ кг/м}^3$. Для обеспечения уровня нормированных теплопотерь толщина наружной стены из такого керамзитобетона должна быть не менее 50 см. Из экономических соображений, а также из-за применения заниженных нормативов теплозащиты наружных стен, принятых еще в советское время, толщина стандартных керамзитобетонных стеновых панелей составляет 35 см., что обуславливает высокий уровень теплопотерь и указанных выше затрат на обогрев зданий и сооружений.

На базе отвалных шламов производства глинозема можно получить искусственный пористый заполнитель для легких бетонов или производства эффективных тепло- и звукоизоляционных материалов, обладающий объемной массой в пределах $80 \dots 300 \text{ кг/м}^3$, имеющий форму зерен близкую к сферической (с минимальной площадью поверхности), характеризующийся высокой адгезией к минеральным и органическим связующим, термостойкий и негорючий.

На фоне огромного дефицита собственных пористых заполнителей и экономической невозможности их импорта из стран даже ближнего зарубежья организацию промышленного производства такого материала можно расценивать как один из стратегических шагов по реализации государственной программы импортозамещения.

На базе этого заполнителя предполагается получение тепло- и конструкционно-теплоизоляционных материалов плотностью от 100 до 600 кг/м^3 , теплопроводностью 0,07...0,08 ккал/м·ч·град, что позволит уменьшить толщину наружных стен при обеспечении нормативного уровня сопротивления теплопередачи до 12...18 см, существенно снизить массу стеновых изделий и конструкций, а следовательно, нагрузку на фундаменты, сократить трудоемкость работ при производстве монтажных и отделочных работ, общие энерго- и капиталоемкость строительства.

Экономический эффект для народного хозяйства Республики от внедрения стенового материала нового вида, учитывая намечающиеся огромные объемы капитального строительства и перспективу возможно-

сти резкого сокращения затрат на отопление зданий и экономии дефицитного топлива, можно оценивать как весьма значительный.

Преимуществом предлагаемой технологии можно считать существенное снижение энергоемкости производства, обусловленное относительно низкой температурой вспучивания бисера, а также возможность организации выпуска продукции по двухстадийной схеме, согласно которой на первой стадии производится изготовление гранулята заданной фракции, а на второй – его вспучивание (по аналогии с производством пенополистирола). В составе сырьевой шихты предполагается использование широкой номенклатуры других промышленных отходов промышленности, что позволит резко снизить себестоимость продукта, существенно расширить сырьевую базу производства, решать экологические вопросы регионов. Бесспорным достоинством технологии является возможность организации производства на существующих линиях без существенной реконструкции и переделки технологического оборудования. Практически все производственное оборудование может быть изготовлено на местных машиностроительных предприятиях. Технология полностью исключает необходимость использования дефицитных или дорогостоящих узлов или агрегатов.

Вместе с тем, как представляется, довольно перспективным может оказаться использование бокситовых шламов в дорожном строительстве, для устройства оснований и нижних конструктивных слоев дорожных одежд.

Обнадеживающие результаты по применению в полах промышленных зданий бетона с использованием бокситовых шламов в качестве гидравлически активного компонента получены в работах Уральского филиала ВАМИ. В данном случае введение молотого шлама в бетонную смесь дает эффект не только снижения требуемого расхода цемента, но и повышения стойкости при действии концентрированных щелочных сред.

Главной отличительной особенностью бокситовых шламов, образующихся при переработке бокситов способом «Байера», является высокое содержание соединений железа в их составе и высокая дисперсность (фракций размером до 5 мкм – 55...75 %). Эти обстоятельства в основном и определили основные направления их возможной утилизации. Их можно применять при окисковывании железных руд и концентратов [6], для очистки промышленных и сточных вод [4, 12], в качестве плавней или железисто-алюминатной корректирующей добавки к сырьевым смесям портландцементного клинкера [2], как добавку к керамическим массам при изготовлении строительного кирпича [1], в производстве искусственных по-

ристых заполнителей [9], труб [4], черепицы [5], как тонкодисперсный наполнитель в композиционных материалах [10] по данным [11] шлам может использоваться для производства огнеупоров, цветных глазурей, легких фасонных изделий, красок. Их можно применять для десульфуризации газов [8], как катализатор при гидрогенезации углей [7], в качестве микронаполнителя для асфальтобетонных смесей.[3].

Выводы:

1. Отвальные шламы глиноземного производства относятся к группе наиболее многотоннажных (после отходов угледобычи и горнообогатительных производств) отходов промышленности, характеризующихся комплексом ценных свойств, их высокой однородностью и стабильностью. Любые задержки с утилизацией этих отходов означают необходимость в нарастающих капитальных и эксплуатационных затратах на их удаление, хранение, а также предотвращение вредных от них последствий для различных отраслей народного хозяйства и окружающей среды.
2. Одним из стратегических направлений утилизации отвальных шламов глиноземного производства можно считать разработку и промышленное внедрение бесклинкерных (или с минимальным содержанием клинкера) гидравлических вяжущих самой широкой номенклатуры (глиношламовый порошок, белитовый цемент, гипсошлакобелитовые вяжущие, известково-шламовые низкомарочные цементы, смешанные гидравлические гипсы, песчано-шламовые смеси для плотных силикатных бетонов и автоклавных ячеистых бетонов, местные шламокарбонатные портландцементы и др.), реализация которого позволит уже сегодня высвободить для нужд строительства более 15000 т высокомарочных цементов и будет способствовать существенному повышению эффективности капитальных вложений.
3. На базе отвальных бокситовых шламов технически и технологически возможна и экономически целесообразна организация широкомаштабного производства особолегкого искусственного пористого заполнителя для легких бетонов и получения других высокоэффективных тепло- и звукоизоляционных материалов, особенно на фоне намечающихся огромных объемов капитального строительства и перспективы возможности резкого сокращения затрат на отопление зданий и экономии дефицитного топлива, которая может расцениваться как воплощение одной из приоритетных задач Программы индустриально-инновационного развития Республики.

4. Интересы народного хозяйства требуют полного и комплексного использования многотоннажных остатков как действующих глиноземных производств, так и строящихся. Решение этой задачи предполагает определение всех направлений эффективной утилизации шламовых отходов, проведения комплекса научных исследований и проектно-конструкторских работ по всестороннему вовлечению в производство отвальных бокситовых и нефелиновых шламов и выявлению возникающих при этом прямых и обратных технико-экономических связей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изготовление искусственного легкого заполнителя из красного шлама / Патент Японии №51-5850, Кл. 22 Е II (С О4 В 31/02).
2. Корнев В.Ч., Сусс А.Г. Переработка красных шламов в цементной промышленности // Цемент. – 1983. – №8. – С. 13-14.
3. Куринов Б.С. Применение кварцевого песка в качестве минерального порошка // Автомобильные дороги. – 1979. – №5. – С. 17-18.
4. Патент 1469953, Франция, 1961.
5. Патент 3280672. Япония, 1961
6. Патент 4589274. Япония, 1972.
7. Патент 536710. Япония, 1983.
8. Чистяков Б.З. Использование отходов промышленности в строительстве. – Л.: Лениздат, 1977. – 143 с.
9. Чистяков Б.З. Особенности и преимущества использования нефелинового цемента в строительстве // Цемент. – 1978. – №5. – С. 10-12
10. Чистякова А.А., Коучене М.В. Свойства нефелиновых шламов, полученных при переработке различного исходного сырья // Цемент. – 1976. – №10. – С. 20-21.
11. Шморгуниенко Н.С., Корнеев В.И. Комплексная переработка и использование отвальных шламов глиноземного производства. – М.: Металлургия, 1982.
12. Экологическая технология. Переработка промышленных отходов в строительные материалы: Сб. науч. тр. Свердловского политехнического ин-та. – Свердловск, 1984. – 74 с.

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

ГЛИНОЗЕМ ӨНДІРІСІНІҢ КӨПТОННАЛЫ ҚАЛДЫҚ ШЛАМДАРЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАСЫНЫҢ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Техн. ғылым. канд. Ш.К. Торпищев
Техн. ғылым. канд. М.А. Шинтеміров

*Осы жұмыста глинозем өндірісінің қалдық шламдарының
экологиясымен экономикасының, және оларды құрылыс*

индустриясында тиімді пайдаланудың келешегінің кенбір мәселелері қарастырылған.