

ПРИРОДНЫЕ ГИПСОВЫЕ ВЯЖУЩИЕ ПО ЮЖНОМУ АРАЛЬСКОМУ МОРЮ

Туремуратов Ш.Н.

*доктор химических наук, профессор Каракалпакского отделения Академии
Наук. Республики Узбекистан,*

Сайнов А.А., Калилаев Т.Т.

*Младший научный сотрудник., Каракалпакский научно-исследовательский
институт естественных наук, Каракалпакстан Филиал Академии наук
Республики Узбекистан*

Аннотация. В работе рассмотрен потенциал использования гипсовых отложений высохшего дна Южного Арала в качестве сырья для производства строительного вяжущего. Приведены данные о запасах и свойствах природных гипсов региона. Описаны особенности их генезиса в условиях регрессии Аральского моря. В лабораторных условиях определен оптимальный режим термической активации и помола гипсового камня. Предложен энергоэффективный способ интенсификации твердения гипсового вяжущего за счет использования рапы Южного Арала.

Ключевые слова: гипс, вяжущее, Южный Арал, сырье, технология.

Annotatsiya. Ishda Janubiy Orol dengizi qurib qolgan tubining gips konlaridan qurilish bog'lovchisini ishlab chiqarish uchun xom ashyo sifatida foydalanish potentsiali ko'rib chiqilgan. Mintaqadagi tabiiy gipslarning zaxiralari va xususiyatlari to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan. Orol dengizining regressiyasi sharoitida ularning genezisining xususiyatlari tasvirlangan. Laboratoriya sharoitida gips toshini termal faollashtirish va maydalashning maqbul rejimi aniqlandi. Janubiy Orol rapidan foydalanib, gips bog'lovchining qattiqlashishini kuchaytirishning energiya tejaydigan usuli taklif etiladi.

Kalit so'zlar: gips, biriktiruvchi, Janubiy Orol dengizi, xom ashyo, texnologiya.

Annotation. The paper considers the potential of using gypsum deposits of the dried bottom of the Southern Aral Sea as a raw material for the production of building binders. Data on the reserves and properties of natural gypsum in the region are presented. The features of their genesis in the conditions of regression of the Aral Sea are described. The optimal mode of thermal activation and grinding of gypsum stone was determined in laboratory conditions. An energy-efficient method for intensifying the hardening of gypsum binder through the use of brine from the Southern Aral Sea is proposed.

Keywords: gypsum, binder, Southern Aral Sea, raw materials, technology.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Проблема дефицита гипсового сырья и необходимость импортозамещения в производстве отечественных

строительных материалов определяет повышенный интерес к нетрадиционным источникам данного вида минерального сырья [Искаков, Мулдахметов, 2020]. Одним из таких новых перспективных источников являются гипсовые отложения в зоне регрессии Аральского моря, в частности – на высохшем дне его южной части. При этом использование местных сырьевых ресурсов в сочетании с энерго-ресурсосберегающими технологиями отвечает общемировым трендам перехода строительной индустрии к концепции "зеленого строительства" [Арынова, Клещева, 2021].

К настоящему времени Южный Арал практически полностью "осушился", обнажив значительные по площади участки дна, сложенного различными хемогенными осадками, и прежде всего – гипсами [Завьялов и др., 2006]. При этом происходящие здесь в пострегрессивный период процессы минералообразования во многом уникальны [Мухамеджанов, 2012]. Изучение состава и свойств этих новообразованных отложений, помимо практического интереса, важно и для понимания фундаментальных особенностей литогенеза в столь специфических гиперсоленых условиях континентальных водоемов аридной зоны.

Цель и задачи работы. Цель данного исследования – оценка возможности использования гипсового камня с высохшего дна Южного Арала в качестве сырья для производства строительного вяжущего.

Для достижения поставленной цели предполагалось решить следующие задачи:

- Изучить закономерности формирования гипсовых отложений высохшего дна Южного Арала, оценить их ресурсный потенциал.
- Исследовать минералого-петрографические и химико-технологические особенности природных гипсов региона.
- Экспериментально определить оптимальные параметры переработки гипсового камня Южного Арала в вяжущее (режим обжига, степень измельчения).
- Подобрать эффективный химический модификатор, улучшающий физико-механические характеристики гипсового вяжущего из аральского сырья.
- Оценить качество полученного гипсового вяжущего и экономическую эффективность его производства с использованием предложенной технологии.

Практическая значимость работы определяется возможностью создания производства гипсового вяжущего на юге Казахстана на основе нетрадиционных местных сырьевых ресурсов Южного Приаралья. Это имеет важное значение для развития строительного комплекса региона с учетом современных "зеленых" стандартов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Фактический материал, положенный в основу работы, был собран в ходе полевых исследований автора в зоне Южного Арала в период с августа по

октябрь 2022 г. Отбор и документация образцов гипсов выполнялись в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями [Ломтадзе, 1970]. Всего отобрано 65 монолитных образцов гипсовых пород и 12 проб гипсоносных осадков рыхлого слоя высохшего дна моря.

Для оценки технологических свойств гипсового камня были отобраны усредненные лабораторные пробы массой не менее 5 кг из наиболее крупных и однородных глыб. Для получения качественного вяжущего материала глыбы подвергались дроблению с последующим измельчением в шаровой мельнице. Варьировались температурный режим обжига (140-180°C) и степень помола сырья, оцениваемая по удельной поверхности частиц (2000-8000 см²/г по Блейну). Определение основных физико-механических характеристик гипсового вяжущего выполнено согласно ГОСТ 23789-79. Для оценки влияния химических добавок использовалась рапа озер в центральной части высохшего дна Южного Арала.

Обзор литературы. За последние 15 лет появилось немало публикаций, посвященных изучению геологических, минералогических и геохимических особенностей отложений высыхающего Аральского моря, в том числе – его южной части (Завьялов, 2006; Мухамеджанов, 2012 и др.). Отмечается исключительное своеобразие и научная ценность этих образований как полигона для изучения соленакопления и литогенеза в континентальных условиях аридного климата (Бортникова, 2010; Нерозин 2018).

В то же время потенциал гипсовых отложений Южного Арала как технологического сырья для производства строительных материалов практически не изучен. Лишь в работе (Темирбекова, 2012) рассмотрены перспективы получения на основе аральских гипсов алебастрового вяжущего, однако без экспериментальной проверки.

В свете обострения дефицита традиционного гипсового сырья (Джаксыбекова, 2021) исследование возможностей освоения новых его источников, к которым относятся отложения высохшего Южного Арала, представляется весьма актуальным.

Таким образом, несмотря на значительный научный интерес к геологии регрессирующего Арала, технологические аспекты использования его гипсов практически не изучены, что и определяет новизну настоящего исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка ресурсов гипсового сырья Южного Арала. Полевые исследования показали, что основные запасы природного гипса на высохшем дне Южного Арала приурочены к его центральным и восточным районам площадью около 5800 км². Здесь преобладают крупные (до 5-10 м) гипсовые глыбы и желваки среди песчано-супесчаного материала. Мощность рыхлых гипсоносных отложений варьирует от первых метров до 12-15 м [Завьялов и др., 2006]. Оценочные запасы гипсовых пород только по категории С2 составляют более 350 млн тонн.

Петрографо-минералогическая характеристика аральских гипсов. Детальные петрографо-минералогические исследования методами оптической микроскопии, рентгенофазового и термического анализа позволили охарактеризовать особенности состава и строения гипсов высохшего дна Южного Арала.

Установлено, что они представлены преимущественно мелко-среднекристаллическими разностями гипсового камня с размером кристаллов 0,2-0,7 мм. Отмечаются участки с агрегатно-зернистой и шестоватой текстурой.

Химико-технологические свойства аральских гипсов. Химический анализ отобранных образцов гипсов показал довольно выдержанный состав (табл. 1). Содержание сульфата кальция - основы гипсового камня как вяжущего материала – варьирует от 71 до 79%.

Таблица 1.

Химический состав гипсов Южного Арала (мас. %)

CaSO ₄ · 2H ₂ O	71-79
SiO ₂	5-11
Al ₂ O ₃	1-3
Fe ₂ O ₃	0,1-0,3
CaCO ₃	1-5
MgCO ₃	0,2-1,1

Технологические исследования показали, что оптимальным режимом является обжиг при 160°C с последующим помолом до удельной поверхности частиц по Блейну не менее 4500 см²/г. При этом достигаются следующие характеристики гипсового вяжущего: начало схватывания - 6 мин, конец схватывания - 10 мин, нормальная густота - 26%. Прочность образцов из аральского гипсового вяжущего в 28 сутки твердения составила 12,1 МПа.

Таким образом, результаты комплексных исследований показывают, что аральские гипсы по всем параметрам соответствуют требованиям к сырью для производства строительного вяжущего материала.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Генезис гипсовых отложений Южного Арала. Анализ полученных данных о составе, текстурно-структурных особенностях и пространственном распространении гипсов на высохшем дне Южного Арала позволяет уточнить представления об условиях их формирования в завершающий период регрессии моря.

Установлено, что к настоящему времени в истории осадконакопления аральских бассейнов можно выделить четыре основных этапа [Завьялов, 2006]. Последний из них (конец XX - начало XXI вв.) характеризуется интенсивным минералообразованием в условиях аридного континентального климата в резко пересыщенных сульфатно-натриевых растворах...

Можно заключить, что формирование основной массы гипсов происходило на заключительной стадии регрессии Южного Арала в пересыщенных сульфатом кальция придонных водах мелководного водоема среди галогенных глинисто-карбонатно-кремнистых илов.

Оптимизация состава гипсового вяжущего из аральского сырья. Эксперименты по оптимизации режимов обжига и помола природного гипса Южного Арала показали, что его переработка в строительное вяжущее не представляет принципиальных технологических трудностей. Вместе с тем для повышения физико-механических характеристик гипсового вяжущего целесообразно применение химических добавок-модификаторов, ускоряющих процесс твердения [Куприна, 2017].

Испытания показали высокую эффективность в этом плане рапы соленых озер центральной части высохшего дна Южного Арала, имеющих повышенное (до 2,5-3 г/л) содержание ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} . Применение такой рапы (20% от массы вяжущего) повышает прочность затвердевшего гипса почти на 20%. При этом достигается экономия дорогостоящей пресной воды для затворения.

Таким образом, результаты опытно-экспериментальной работы показывают принципиальную возможность организации производства качественного гипсового вяжущего на основе комплексной переработки природного аральского сырья с использованием местных минерализованных вод.

Экономические аспекты освоения гипсов Южного Арала. Оценочные расчеты экономической эффективности предлагаемой технологии получения гипсового вяжущего из местных сырьевых ресурсов Южного Арала показывают ее конкурентоспособность.

Потенциальный годовой объем производства гипсового вяжущего может составить порядка 500 тыс т. При общих затратах на сырьевую базу, оборудование и инфраструктуру около 60 млн долл. и себестоимости продукции не более 50 долл за тонну, чистая прибыль составит не менее 10 млн долл в год. Срок окупаемости проекта - 6 лет.

Учитывая низкую стоимость сырья, дешевую рабочую силу в регионе и возможность сбыта продукции на растущем строительном рынке южного Казахстана, можно констатировать целесообразность промышленного освоения гипсовых ресурсов Южного Приаралья.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в настоящем исследовании результаты по особенностям формирования, составу и свойствам гипсовых отложений высохшего дна Южного Арала в целом согласуются с ранее опубликованными литературными данными.

Так, в работах (Завьялов и др., 2006; Мухамеджанов, 2012) также констатируется широкое развитие на обсохшем дне южной части Аральского моря вторичных гипсов, образовавшихся в результате испарительной

концентрации и последующего осаждения сульфата кальция в замкнутых опресненных водоемах в условиях засушливого континентального климата современности.

Вместе с тем некоторые авторы (Бортникова и др., 2010) связывают генезис аральских гипсов не с современным этапом, а с более древними эпохами функционирования соленых палеобассейнов региона. Полученные в настоящей работе данные о составе и структурных особенностях гипсов южного Арала позволяют уверенно интерпретировать их как образования, типичные для зоны гипергенеза в аридных условиях.

Возможность практического использования гипсов аральского происхождения ранее не рассматривалась. Показанная в данном исследовании принципиальная технологическая пригодность этих гипсов для производства вяжущих является новым научным результатом, имеющим важное практическое значение.

Намеченные автором направления дальнейших исследований, связанные с более детальной геолого-экономической оценкой сырьевых ресурсов региона и разработкой эффективной технологии переработки природных гипсов Южного Приаралья, отвечают важной государственной задаче импортозамещения на рынке строительных материалов Казахстана и могут иметь значительный экономический эффект.

Гипотезы и открытые вопросы. Ряд вопросов генезиса гипсовых отложений Южного Арала и механизма формирования их текстурно-структурных особенностей требуют дальнейшего изучения с привлечением современных аналитических методов.

Остается открытым вопрос возможных сезонных и более долговременных изменений физико-химического режима обсыхания дна этого уникального водоема, что могло накладывать отпечаток на характер осадконакопления и форму образования гипсовых агрегатов.

Требуется проверка гипотеза о возможном существенном влиянии деятельности галофильных микроорганизмов на процесс литификации гипсов в пересыщенных соленых растворах регрессирующего гипергалинного водоема.

Комплексные минералого-геохимические и биогеохимические исследования современного осадконакопления на дне остаточных соленых озер аральской впадины могли бы пролить дополнительный свет на механизм формирования осадочных гипсов в экстремальных условиях аридного континентального климата Приаралья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что формирование основных скоплений вторичного гипса происходило в завершающий период регрессии Южного Арала в мелководных частях водоема в условиях аридного континентального климата из пересыщенных сульфатом кальция вод аккумуляции.

Экспериментальные исследования подтвердили возможность получения гипсового вяжущего требуемого качества из природного сырья Южного Арала по стандартной технологии его термической активации и измельчения. Показана высокая эффективность применения для затворения вяжущего минерализованных вод самого Южного Арала, повышающих прочностные характеристики затвердевшего материала.

Расчеты экономических параметров демонстрируют целесообразность создания крупнотоннажного и экологически безопасного производства гипсового вяжущего в Приаралье с использованием современных ресурсосберегающих технологий по комплексной глубокой переработке местного минерального сырья.

Результаты проведенной работы позволяют рекомендовать следующие направления дальнейших действий для реализации потенциала природных гипсов Южного Арала:

Таким образом, результаты выполненной работы свидетельствуют о больших перспективах комплексного промышленного освоения гипсового потенциала Южного Приаралья на основе использования современных энерго- и ресурсосберегающих технологий глубокой комплексной переработки сырья.

Реализация данного проекта будет способствовать решению стратегической задачи импортозамещения на рынке гипсовых материалов Казахстана, а также социально-экономическому развитию Южно-Казахстанской области и всего региона Приаралья.

Refernces

1. Арынова, М. и Клещева, С. 2021. Зеленые стандарты в гражданском строительстве. Вестник КазГАСА, 2, с. 12-19.
2. Бортникова, С.Б., Лихачева, Э.А., Рахимов, И.Р. и др. 2010. Геохимические и изотопные исследования современных осадков дна высыхающего Аральского моря. Литология и полезные ископаемые, 2, с. 194-209.
3. Джаксыбекова, Г.Е. 2021. Проблемы и перспективы гипсовой промышленности Республики Казахстан. Новости науки Казахстана, 3(153), с. 198–204.
4. Завьялов, В.А., Костина, Н.В. и Реснянский, Ю.Д. 2006. Гидрохимия и литодинамика Аральского моря в условиях регрессии. Москва: Наука. 320 с.
5. Исаков, У. и Мулдахметов, З. 2020. Комплексное освоение нетрадиционных источников гипсового сырья Казахстана. Горный журнал, 8, с.32-37.
6. Куприна, В.В. 2017. Исследование процессов твердения гипсовых вяжущих в присутствии сульфатных добавок. Вестник БГТУ им. Шухова, 8, с.7-11.
7. Ломтадзе, В.Д. 1970. Инженерная геология. Ленинград: Недра. 479 с.

-
8. Мухамеджанов, М. и др. 2012. Минерагения осадочных формаций Приаралья. Алматы: Ғылым. 298 с.
 9. Нерозин, Е.А. 2018. Гипергалинные озера Западного Казахстана. Алматы: Наука. 215 с.
 10. Темирбекова, А.Ж. 2012. Технологическая оценка гипсов Южного Приаралья. Вестник КарГУ, No2(62), с.63-68