

Таблица 3

Результаты анализа воды на водоочистой станции п. Барабинка

Показатели качества воды	Cu ²⁺ , мг/л	Fe ²⁺ , мг/л	Mn ²⁺ , мг/л	Ni ²⁺ , мг/л	Pb ²⁺ , мг/л	Zn ²⁺ , мг/л
До обработки	0,004	8,86	1,24	0,056	0,032	0,019
После фильтрации через гибридную остановку	<0,002	0,10	0,09	<0,001	<0,001	<0,005
ПДК	1,0	0,3	0,1	0,1	0,03	5,0

Как видно из таблицы 3, обработка подземной воды на гибридной установке приводит к снижению концентрации всех ионов, практически, к полному удалению железа, снижению концентрации ионов марганца до значений, не превышающих ПДК.

Природные цеолиты могут хорошо дополнять классические технологии водоподготовки при очистке воды от ионов тяжелых металлов. В результате проведенных исследований можно рекомендовать данную гибридную установку для очистки воды от ионов тяжелых металлов.

Выводы

1. На примере модельных растворов показана эффективность использования цеолитов Пашенского и Пегасского месторождений для снижения концентрации ионов железа, никеля, меди, свинца и цинка до нормативных значений при линейной скорости фильтрования 6,6 м/ч.

2. Показана зависимость интенсивности сорбции ионов марганца на Пашенском и Пегаском цеолитах от линейной скорости фильтрования для цеолитовой колонны с заданными размерами.

Литература

1. Громовласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка: процессы и аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
2. Даниленко Н.Б. Реакции в разбавленных растворах солей, протекающих при диспергировании металлов импульсными электрическими разрядами: Дис. ... канд. хим. наук. – Томск, 2007 г. – С. 13-27.
3. Драгинский В.Л., Алексеев А.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. – М.: Науч. изд., 2005. – 576 с.
4. Мачехина К.И. Процесс очистки подземных вод от коллоидных соединений железа и его аппаратное оформление: Дисс. ... канд. тех. наук. – Томск, 2013 г. – 121 с.
5. Мартемьянов Д.В., Галанов А.И., Юрмазова Т.А. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов As⁵⁺, Cr⁶⁺, Ni²⁺ из водных сред // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8–3. – С. 666 – 670.
6. Мержанов А.Г., Боровинская И.П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез неорганических соединений // Доклады АН СССР. – 1972. – Т. 204. – № 2. – С. 366 – 369.
7. Юрмазова Т.А., Шиян Л.Н., Мачехина К.И. Определение кинетических параметров реакций окисления железосодержащих подземных вод озоном и кислородом воздуха для технологий водоподготовки // Современные проблемы науки и образования: элект. научный журн. 13.09.2014. URL: <http://www.science-education.ru/119-14536> (дата обращения 14.07.2014).

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА ГИДРОМАГНЕЗИТОВОЙ ПОРОДЫ

А.В. Охлопкова, Н.М. Старостин, А.А. Дитц, И.Б. Ревва

Научный руководитель доцент Н.А. Митина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Гидромагнетитовая порода представляет собой сложный набор минералов – гидрокарбонатов магния, которые описываются системой MgO-CO₂-H₂O [1]. Это группы минералов с общей формулой xMgCO₃·yMg(OH)₂·zH₂O и MgCO₃·xH₂O.

К гидрокарбонатам магния относятся барингтонит MgCO₃·2H₂O, несквигонит MgCO₃·3H₂O, лансфордит MgCO₃·5H₂O, покровскит Mg₂(CO₃)(OH)₂·0.5H₂O, артинит Mg₂(CO₃)(OH)₂·3H₂O, гидромагнетит Mg₅(CO₃)₄(OH)₂·4H₂O, дипингит Mg₅(CO₃)₄(OH)₂·5H₂O, шелковит Mg₇(CO₃)₅(OH)₄·24H₂O, при этом гидрокарбонаты с общей формулой xMgCO₃·yMg(OH)₂·zH₂O подразделяются еще на легкую и тяжелую форму с содержанием воды до 4H₂O и до 5H₂O соответственно. Образуется данная порода при выветривании ультраосновных пород – магнетитов, а также при естественной карбонизации бруситов. Залегает в виде прожилков и корок в серпентинитах и представляет собой серую высокодисперсную рыхлую породу. Высокое содержание оксида магния в гидромагнетитовой породе может являться предпосылкой ее использования в технологиях магnezиальных материалов, как магnezиальных вяжущих материалов, так и магnezиальных огнеупоров. Однако, природные гидрокарбонаты магния практически не применяются как высокомагnezиальное сырье, а используется для производства высокочистого оксида магния [2] в химической, фармацевтической промышленности. Кроме этого, в связи с особенностями поведения при нагревании и выделении при этом газообразных веществ, не

поддерживающих горение данные минеральные вещества могут использоваться как добавка антипирена в полимерных материалах [3].

Таким образом, в основе принципов использования природных гидрокарбонатов магния лежит их поведение при термической обработке. В связи с этим, целью данной работы является исследование изменения фазового состава и свойств гидромагнетитовой породы при термической обработке.

Использовали гидромагнетитовую породу Халиловского месторождения (Оренбургская область), химический состав породы представлен в таблице 1. Повышенное содержание (до 9,86 мас. %) оксида кремния в пробах гидромагнетита Халиловского месторождения объясняется наличием серпентиновых пород (рис. 2).

Таблица 1

Химический состав гидромагнетитовой породы Халиловского месторождения

Содержание оксидов, мас. %							
MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO	Δ m _{уп}	Сумма
44,23	9,86	0,69	0,52	1,17	0,029	45,33	100,00

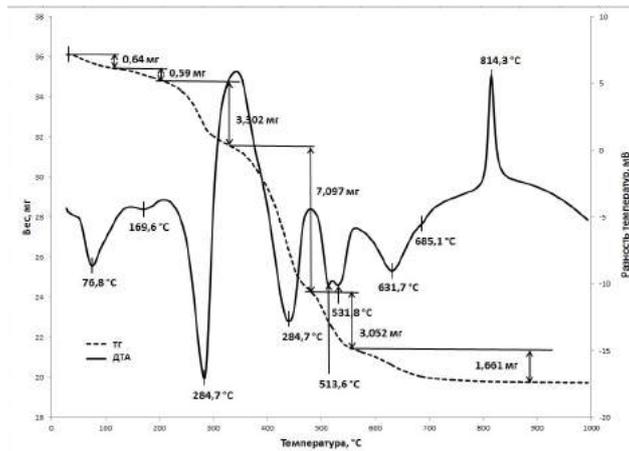


Рис. 1. Термограмма гидромагнетитовой породы Халиловского месторождения

Исследование изменения фазового состава проводили с помощью совмещенного термического анализа дифференциально-сканирующей калориметрии (ТГ/ДТА). Для этого использовали прибор для синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter® NETZSCH (Германия). Образцы нагревались в воздухе с 25 до 1000 °C со скоростью 10 град/мин. Микроструктура образцов наблюдалась с помощью электронного-сканирующего микроскопа JEOL JSM 6000.

При нагревании гидромагнетитовой породы происходит разложение исходных минеральных фаз, что подтверждается наличием на термограмме (рис. 1) значительного количества эндотермических эффектов. По данным рентгенофазового анализа (рис. 2) это гидромагнетит $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$, дипингит $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 5H_2O$ и несквегонит $MgCO_3 \cdot 3H_2O$. При этом происходит потеря кристаллизационной воды при 220-320 °C, далее отщепляется гидроксильная группа при 436,3 °C, в диапазоне температур 500-560 °C начинается декарбонизация, практически заканчивающаяся при 631,7 и 685,1 °C, здесь же происходит полная дегидратация клинохризотила. Экзотермический эффект с максимумом при 814,3 °C соответствует кристаллизации форстерита.

Для качественного подтверждения фазового состава гидромагнетитовой породы пробы прокаливали при температурах 400, 500, 600, 700, 800 и 1000 °C. После прокаливания определяли фазовый состав с помощью рентгенофазового анализа. Рентгенограммы получены на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 с использованием

излучением Си-анода, шаг сканирования 4°/мин, время измерения интенсивности в точках сканирования 1 с, напряжение на трубке 35 кВ, сила тока 25 мА.

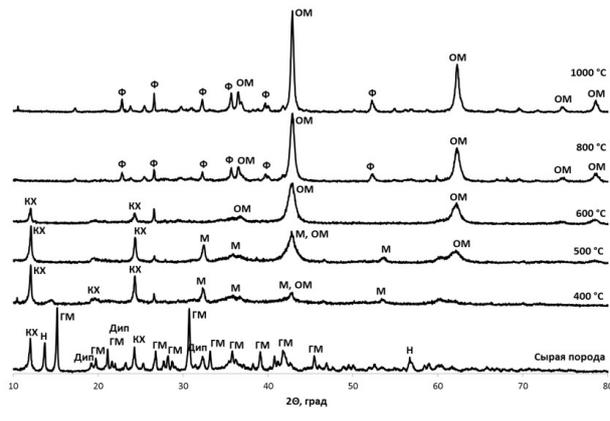


Рис. 2. Рентгенограмма гидромагнетита, исходного и прокаленного при разных температурах:
 ГМ – гидромагнетит; Дип – дипингит; КХ – клинохризотил; Н – несквегонит; М – магнезит; Φ – форстерит; ОМ – оксид магния

Данные термического анализа хорошо подтверждаются рентгенофазовым анализом (рис. 2). Фазовый состав исходной пробы гидромагнезита представлен гидрокарбонатными фазами: гидромагнезит $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$, дипингит $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 5H_2O$ и несквегонит $MgCO_3 \cdot 3H_2O$. Также отмечается небольшая серпентинизация, выраженная в присутствии минерала клинохризотила $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$, стабильного вплоть до температуры 600 °С. Нагревание пробы до температуры более 600 °С приводит к перекристаллизации его в форстерит, рефлексы которого отмечаются с 800 °С.

Нагрев гидромагнезитовой породы до температуры 400-500 °С аморфизует гидрокарбонатные фазы. Рефлексы гидрокарбонатов магния практически исчезают, но регистрируется слабокристаллическая фаза $MgCO_3$. Подъем температуры до 600 °С существенно меняет фазовый состав; на рентгенограмме (рис. 2) доминируют уширенные рефлексы оксида магния. Дальнейшее повышение температуры до 800-1000 °С способствует получению частиц MgO с более совершенной кристаллической структурой.

Таким образом, термический анализ гидромагнезитовой породы в совокупности с рентгенофазовым анализом позволил установить изменение фазового состава при прокаливании. Изменение фазового состава породы напрямую связано с изменением структуры и свойств минералов, слагающих породу. Это особенно важно и позволит сделать заключение об эффективном использовании данного уникального природного минерального образования.

Литература

1. Hopkinson L., Kristova P., Rutt K., Cressey G. Phase transitions in the system MgO–CO₂–H₂O during CO₂ degassing of Mg-bearing solutions // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2012. – V. 76. – P. 1 – 13.
2. Unluer C., Al-Tabbaa A. Characterization of light and heavy hydrated magnesium carbonates using thermal analysis // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. – 2014. – V. 115. – Is. 1. – P. 595 – 607.
3. Unluer C., Al-Tabbaa A. Impact of hydrated magnesium carbonate additives on the carbonation of reactive MgO cements // *Cement and Concrete Research*. – 2013. – V. 54. – P. 87 – 97.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И СОДЕРЖАНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЗОЛАХ УНОСА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ЮЖНО-АФРИКАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

М.С. Полонский, В.А. Желнорович

Научный руководитель доцент О.И. Налесник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Структура мирового производства электроэнергии в двадцать первом веке изменяется с каждым днём. Тем не менее, наибольшую долю в нём (от 40 до 60% по различным источникам) занимают теплоэлектростанции. При сгорании угольного топлива в их топках достигается температура 1500 – 1700 °С, при этом образуются отходящие газы, состоящие в основном из углекислого газа и азота, уносящие вместе с собой мелкодисперсную минеральную золу (золу уноса). В соответствии с законами об охране воздушного бассейна, во всех странах отходящие газы подвергаются тщательной очистке, в процессе которой зола уноса улавливается электро- и рукавными фильтрами. В технологически развитых странах (Франции, Германии) зола уноса целиком используется в индустрии стройматериалов (производство цемента, кирпичей, штукатурных растворов и так далее), в остальных же странах, в том числе и в России, зола удаляется вместе со шлаком и накапливается на золоотвалах вблизи теплоэлектростанций, которые по своей суммарной площади уже превысили отметку в 20 тысяч гектар.

Очевидно, что подобное расположение золоотвалов вызывает ряд экологических проблем. Таковыми являются: сокращение площадей, пригодных для развития городской инфраструктуры и сельскохозяйственного использования; опасность загрязнения окружающей среды через вынос золы с водой на прилегающие территории и в водоёмы при разливах рек или прорывах дамб; просачивание воды отстоя вглубь земли с последующим загрязнением водоносных слоёв; распыление зол ветрами в засушливых климатических зонах. Как показывает опыт развитых стран, одним из вариантов решения данной проблемы можно считать использование золы в целом или её отдельных компонентов в различных отраслях промышленности.

Особую ценность в золах уноса представляют формирующиеся в них шарообразные муллитовые частицы – алюмосиликатные плавающие микросферы белого, желтоватого и коричневатого цветов. Такие микросферы имеют насыпную плотность от 0,35 до 0,4 г/см³ и используются при строительстве нефтяных и газовых скважин.

Магнетитовые микрошарики образуются при плавлении магнетита в факеле горения углей и последующем его застывании в виде сфер правильной формы. Данные сферы можно применять во многих промышленных областях: от природно-легированного железного концентрата до компонента тяжелосреднего обогащения полезных ископаемых [1].

В золе уноса содержатся несгоревшие угольные частицы, отправляемые как на вторичное энергетическое использование, так и в литейное производство.

Основной целью данного исследования стало изучение гранулометрического состава и структуры золы уноса, а также содержания в ней ценных компонентов. В исследовании использовались образцы зол уноса с трёх теплоэлектростанций Южно-Африканской Республики: №1 – MALTA, №2 – KRIEL, №3 – MATIMBA.

В процессе исследования образцов южноафриканской золы были проведены следующие эксперименты:

1. Ситовой анализ образцов для определения гранулометрического состава согласно ГОСТ 2093-82 [3].