

УДК 536.2

ЛИТОГЕНЕЗ ГЛАЗАМИ ТЕХНОЛОГА

Баталин Б.С., Южаков К.Н.

*ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
Пермь, e-mail: bobata@list.ru*

Процессы литогенеза хемогенных осадочных пород проходили в несколько стадий, каждая из которых является этапом формирования кристаллической структуры будущей породы. В результате формируется водостойкое прочное геологическое тело. Каждая из стадий процесса литогенеза может быть описана физико-химической моделью, в которой все параметры, кроме времени, могут быть воспроизведены в соотношении 1:1. Хорошей моделью могут служить сульфатсодержащие шламы химических производств и осадки нейтрализации кислых шахтных вод. Эти шламы содержат практически все компоненты, присутствовавшие в первичном иле на дне лагуны, из которого впоследствии сформировалась осадочная порода. В лабораторных условиях можно создать соответствующие каждой стадии литогенеза температуру и давление. Поскольку временной параметр воспроизвести невозможно, прочность образовавшегося модельного образца не может быть такой же, как у соответствующей горной породы, но водостойкость должна быть значительно выше, чем у обычного строительного гипса. Эксперименты, произведенные с целью обоснования такой модели, показали, что водостойкие материалы из гипсосодержащих шламов могут быть получены.

Ключевые слова: литогенез, хемогенные породы, физикохимическая модель, водостойкость, гипсосодержащие шламы, осадок нейтрализации кислых шахтных вод

LITHOGENESIS AND TECHNOLOGIES

Batalin B.S., Yujakov K.N.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: bobata@list.ru

Chemogenic lithogenesis process sediment was conducted in several stages, each of which is a step of forming a crystalline structure of the future rock. The result is a durable waterproof geological body. Each of the stages of the process can be described Lithogenesis physicochemical model in which all the parameters except for the time may be reproduced in a ratio of 1:1. A good model can serve as a sulfate-containing sludge from chemical plants and precipitation neutralization of acid mine waters. These sludges contain virtually all of the components present in the primary sludge at the bottom of the lagoon, from which later formed a sedimentary rock. In the laboratory, you can create according to each stage of lithogenesis temperature and pressure. Since the time parameter can not be reproduced, the strength of the resulting model sample may not be the same as that of the corresponding rock, but the water resistance should be much higher than conventional plaster. Experiments made in order to study this model showed that the waterproof material from gypsum-containing slurries can be prepared.

Keywords: lithogenesis, beds of rock, physico-chemical model, water resistance, gypsum-containing slurries osdok neutralization of acid mine drainage

Известно, что сульфатные горные породы, гипс и ангидрит, по сравнению с строительными вариантами материалов такого же минералогического состава имеют намного более высокую прочность и в отличие от первых являются водостойкими. Так, породы, состоящие из того же двуводного гипса, имеют прочность при сжатии 40–80 МПа и высокую водостойкость – до 0,95, тогда как даже высокопрочный гипс строительного назначения (супер-гипс) имеет прочность и водостойкость не более 30 МПа и 0,5 соответственно, а у обычного строительного гипса – 16 МПа и 0,4.

Строительный гипс получают умеренным (140–180°C) обжигом измельченного природного гипса. Изделия из такого гипса производят затворением обожженного порошка водой и формированием из полученного гипсового теста изделий. Количество воды обычно составляет 40–60% от массы твердого вяжущего.

Природный гипс образовался в лагунах – теплых внутренних мелких морях с высокоминерализованной водой. В этой

воде, кроме сульфата кальция, присутствуют еще сульфаты, хлориды, карбонаты, гидроксиды различных металлов, а также кремниевая кислота, органические биогенные вещества, растворенные в воде кислот и диоксид углерода. При высокой суммарной концентрации всех этих соединений такая вода представляла собой коллоидный раствор – золь. При накоплении большой толщи осадка золь подвергался дифференциации по молекулярной массе и последовательности образования индивидуальных соединений, коагулировал, начинал кристаллизоваться. Эту стадию осадкообразования в геологии называют диагенезом [3]. В такой среде зародыши кристаллизации – кластеры наноразмеров не могли значительно вырасти, образовавшаяся порода оставалась часто микрокристаллической. Далее наступает следующая стадия изменений – катагенез, в ходе которой природный процесс, длившийся сотни тысяч и миллионы лет, представлял собой подобие золь-гель перехода, а затем и микрокристаллизации образовавшегося гелеподобного

субстрата. В эту стадию осадочные породы претерпевают существенные преобразования, сопровождаемые изменением химического и минералогического состава, строения и физических свойств. Основными факторами преобразования породы являются температура, давление, вода, растворенные в ней соли и газообразные компоненты, pH, Eh/ Последующая стадия образования породы из осадка – метагенез. На этой стадии происходит максимальное уплотнение осадочных пород, меняется структура. Происходит это под влиянием тех же факторов, что и при катагенезе, но температура более высокая (200–300°C), выше минерализация и газонасыщенность вод, иные значения Eh и pH. Именно так и возник, например, проч-

ный водостойкий гипс [2]. В такой среде зародыши кристаллизации не успевали значительно вырасти, образовавшаяся порода оставалась часто микрокристаллической. По сути дела, природный процесс представлял собой подобие золь-гель перехода.

Установить наличие и количество в горной породе химических элементов или их оксидов современными методами анализа не составляет большой сложности. Количество гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ определяют обычным химическим анализом. Содержание микроэлементов – спектральным анализом. В частности, анализы образцов природного гипса из месторождений Егоршина яма и Ергач (Пермский край) дали результаты, показанные в таблице

Состав гипсового камня из месторождений Пермского края

Месторождение	Содержание компонентов, масс. %									
	$\text{CaSO}_4/2\text{H}_2\text{O}$	Si	Al	Fe	Mg	Sr	Cr	Ti	Mn	C
Егоршина яма	98,3	0,50	0,32	0,04	0,1	0,06	0,07	0,02	0,01	0,58
Ергач	94,5	2,26	–	0,91	0,45	0,34	0,12	0,20	0,08	1,14

Гораздо сложнее выяснить, какие органические соединения присутствовали в первичном коллоидном растворе, из которого образовался природный гипс. Органика должна играть существенную роль в процессе формирования породы, поскольку, как правило, органические соединения часто являются сильными поверхностно-активными веществами.

Для выяснения этого вопроса можно опереться на данные палеонтологии. Геологический возраст породы можно определить, например, углеродным методом. Зная возраст, можно выяснить основные виды флоры и фауны, обитавшие в лагуне в тот геологический период. Далее необходимо спрогнозировать виды органических соединений, которые могли образоваться при естественном разложении организмов.

Наиболее важно выяснить, могли ли существовать в палеолагунах белки типа олигопептидов и им подобные биогенные соединения, и в каких количествах.

Палеонтологические исследования дают достаточное количество сведений по этому поводу [2, 3].

Так, в интернет-ресурсе [2] приведены такие данные, относящиеся к девонскому геологическому периоду, когда образовалось большое количество хемогенных пород, к которым относятся и пермские гипсы.

«...В морях и океанах многочисленны водоросли: сифоновые, сине-зеленые,

красные, в лагунах – хордовые. Помимо кистеперых и двоякодышащих, до конца палеозоя жили ганоидные рыбы, имеющие толстую, ромбическую чешую, располагавшуюся косыми рядами. Размножились рыбы с твердым кожным скелетом, с панцирными щитками, кожными зубами. Появились небольшие ископаемые рыбы – палеоспондулосы...»

В продуктах разложения фауны девонского периода, по данным [5, 6], преобладают олигопептиды. В наших предыдущих работах показано, что олигопептиды повышают агрегативную устойчивость дисперсных систем и повышают дисперсность агрегированных систем. Это значит, что в присутствии этих соединений коллоидная система, образовавшая впоследствии горную породу гипс, оставалась длительное время высокодисперсной даже в условиях значительного обезвоживания.

Можно предположить, что первичные кристаллиты дауводного сульфата кальция имели очень небольшие, возможно, наноразмера, размеры. Однако за миллионы лет последующего существования кристаллики росли в сильно стесненных условиях, и это привело к образованию дендритоподобных форм, прорастаний и других изменений структуры, свидетельствующих о необычных условиях кристаллизации. На рис. 1 показана микроструктура гипса из месторождения Егоршина яма, где ведется разработка селенита.

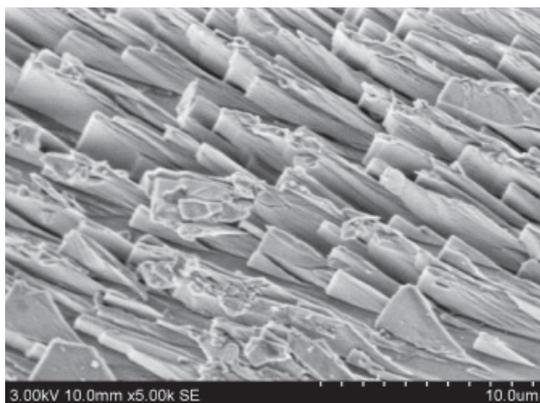


Рис. 1. Микроструктура гипсового камня из месторождения Егоришина яма, Пермский край

Здесь отчетливо видна черепичная микротекстура, свидетельствующая о четко обозначенном направлении роста кристаллитов.

На рис. 2 – гипс из месторождения Ергач.

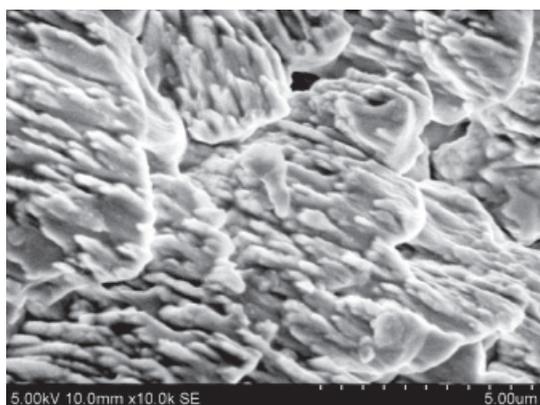


Рис. 2. Микроструктура гипсового камня из месторождения Ергач, Пермский край

На этом образце представлена дендритовидная микротекстура, которая могла возникнуть при росте кристаллитов в тонком слое на поверхности уже сформировавшейся подложки из того же гипса. В обоих случаях видно, что кристаллы развивались в стесненных условиях и претерпели значительные изменения присущего кристаллам гипса габитуса.

Для сравнения приведена микроструктура искусственного гипсового камня, полученного из строительного гипса (рис. 3).

На стадии катагенеза давление составляло величину до 300 атмосфер, то есть 30 МПа в единицах СИ. Температура – 200–300°C.

Таким образом, с точки зрения теории моделирования, сульфатсодержащие шламы по химическому, фазовому и дисперсному составу можно с некоторым допущением считать субстанциональной моделью хемогенных сульфатных пород на стадии диагенеза.

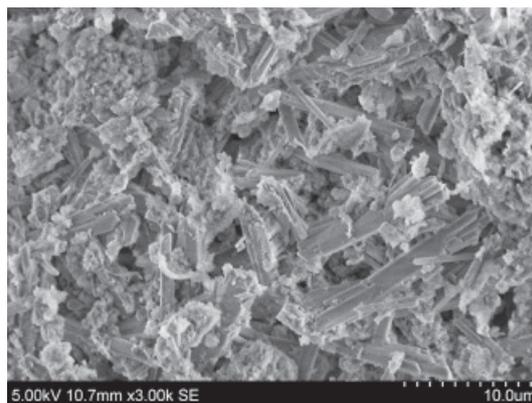


Рис. 3. Микроструктура гипсового камня, полученного из строительного гипса

В отличие от гипсовых вяжущих для шламов нельзя обозначить четко выделенных временных параметров. При постоянной влажности системы ее реологические свойства могут не изменяться неопределенно длительное время. Изменения реологических свойств происходят только при удалении воды, то есть при сушке. При температуре 20°C и относительной влажности воздуха 60% через сутки образцы, приготовленные из шлама с естественной влажностью 50%, в открытой форме, высыхают до влажности 3–5%. При этом происходит усадка образцов, составляющая 1,5–1,7%. В этом возрасте образцы имеют небольшую прочность, в среднем 0,25 МПа. Но при этом они обнаруживают высокую водостойкость. Коэффициент размягчения достигает величины 0,8–0,85.

Структура полученных образцов рыхлая, что может быть объяснено высокой влажностью исходного шлама.

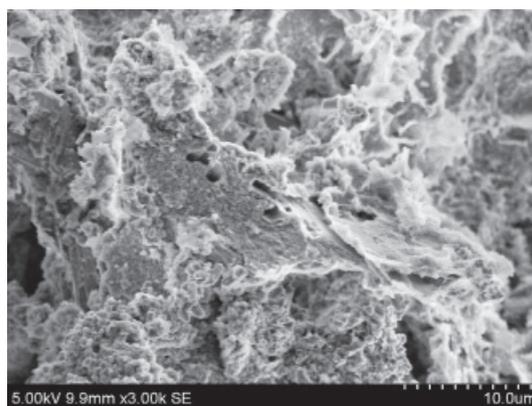


Рис. 4. Структура образца затвердевшего в естественных условиях шлама в возрасте 1 сутки

Однако размеры кристаллов гипса в основном не более 1–3 мкм, хотя присутствуют и более крупные. В основном структура

сложена коркообразными сростками очень мелких кристалликов. По-видимому, такая структура и обеспечивает высокую водостойкость материала даже в таком раннем возрасте (рис. 4).

По этой же причине невысока и прочность образцов. Однако водостойкость материала, полученного таким способом, такова, что материал можно считать водостойким.

Заключение

Таким образом, эксперименты показали, что принципиально возможно получить водостойкий материал из гипса, не прибегая к добыче, помолу и обжигу природного гипсового сырья.

Гипсосодержащие шламы и осадки нейтрализации сернокислых вод могут быть основным сырьем для получения водостойких гипсовых изделий строительного назначения.

Список литературы

1. Гусев М.В., Минева Л.А. Микробиология. – 3-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1992.
2. Елинов Н.П. Химическая микробиология. – М.: Высшая школа, 1989. – С. 250.
3. Макаров В.П. Вопросы теоретической геологии. Элементы теории «текстур» // Современные направления теоретических и прикладных исследований: сб. –Одесса, Черноморье, 2007. – Т.21. С. 74–81.
4. Макаров В.П., Сурков А.В. Геоспидометр – метод определения палеоскоростей перемещения осадков водными потоками / Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: мат-лы 5-го Всероссийского

литологического совещания. – Екатеринбург, 2008. – Т.2. – С. 12–14.

5. Шлегель Г. Общая микробиология. – М.: Мир, 1987. – С. 429–433.

6. Флора и фауна до и после ледникового периода. Девонский период. Автор: Грицук Т. – <http://www.glacial-period.ru/paleozoyskaya/devonskiy-period.html> (обращение 10.09.2013).

References

1. Gusev M.V., Mineeva L.A. Mikrobiologija. 3-e izdanie. M.: Izdatel'stvo MGU, 1992.
2. Elinov N.P. Himicheskaja mikrobiologija. M.: Vysshajashkola, 1989. pp. 250.
3. Makarov V.P. Voprosy teoreticheskoy geologii. Jelementy teorii tekstur / Sb. Sovremennye napravlenija teoreticheskij i prikladnyh issledovanij. Odessa, Chernomor'e, 2007. T.21. pp. 74–81.
4. Makarov V.P., Surkov A.V. Geospidometr metod opredelenija paleoskorostej peremeshhenija osadkov vodnymi potokami / Mat-ly 5-go Vserossijskogo litologicheskogo soveshhanija «Tipy sedimento geneza i litogenezaa i ihjevoljucija v istorii Zemli». Ekaterinburg, 2008. T.2. pp. 12–14.
5. Shlegel' G. Obshhaja mikrobiologija. M.: Mir, 1987. pp. 429–433.
6. Flora i fauna do i posle lednikovogo perioda. Devonskij period. Avtor: Gricuk Tamara <http://www.glacial-period.ru/paleozoyskaya/devonskiy-period.html> (obrashhenie 10.09.2013).

Рецензенты:

Онорин С.А., д.х.н., профессор кафедры химии и биотехнологии Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь;

Пойлов В.З., д.х.н., профессор кафедры технологии неорганических веществ Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 14.10.2013.