

ВЛИЯНИЕ БИОМИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Логинова Т. В.¹, Сивков С. П.²

¹Логинова Татьяна Витальевна / Loginova Tatyana Vitalievna – студент;

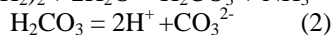
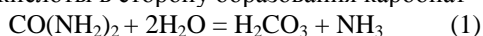
²Сивков Сергей Павлович / Sivkov Sergey Pavlovich - кандидат технических наук,
кафедра химической технологии композиционных и вяжущих материалов,
факультет технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов,
Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Аннотация: применение штаммов уробактерий, относящихся к роду *Bacillus*, для улучшения прочностных свойств гипса, является перспективным направлением исследований. В ходе данной работы было установлено, что введение в состав твердеющего гипса добавки микроцеллюлозы с адсорбированными на ней культурами бактерий *Bacillus Sphaericus* приводит к образованию в поровом пространстве дополнительного карбоната кальция. При этом наблюдается повышение прочностных характеристик гипсового камня, как при изгибе, так и при сжатии.

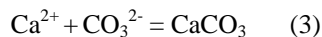
Ключевые слова: гипс, биоминерализация, микроцеллюлоза.

В наши дни гипс все чаще используют для декоративной отделки поверхностей. Благодаря своим вяжущим свойствам, хорошей воздухопроницаемости и звукоизоляции, гипс является одним из самых популярных материалов для изготовления таких изделий, как лепнины, барельефы, камни и панели. Однако, получение гипса, является экологически вредным процессом, приводящим к выбросам больших количеств углекислого газа. Поиск новых методов получения вяжущих материалов, сопровождающихся меньшим вредом для окружающей среды, а также обладающих высокой прочностью и долговечностью, является актуальной проблемой.

Биоминерализация – процесс осаждения минеральных фаз в результате активности микроорганизмов. Наиболее интенсивный процесс осаждения CaCO_3 проявляется при использовании уробактерий, относящихся к роду *Bacillus*. Под действием фермента – уреазы, который выделяется в процессе жизнедеятельности уробактерий, происходит гидролиз мочевины с выделением аммиака и угольной кислоты (реакция 1). При растворении аммиака в воде, возрастает pH среды, что смещает равновесие при диссоциации кислоты в сторону образования карбонат – иона (реакция 2) [1, 24].



При наличии в водном растворе ионов Ca^{2+} , они будут осаждаться на поверхности клетки в виде карбоната кальция (реакция 3).



В некоторый момент поверхность бактерии полностью закупоривается слоем CaCO_3 , а поскольку данный вид микроорганизмов является анаэробным, клетка переходит в спорообразное состояние. Дальнейшее проявление активных признаков возможно лишь при доступе кислорода, т.е. при образовании трещины в карбонатной оболочке [2, 53].

Применение штаммов бактерий для улучшения прочностных свойств гипса, является перспективным направлением исследований. Однако использование культур бактерий, выращенных в питательной среде, в качестве жидкости затворения, представляет определенные трудности. В данной работе был предложен метод адсорбции бактерий на носителе, с последующим введением в состав гипса. В качестве адсорбента была выбрана микроцеллюлоза. Кристаллы целлюлозы, полученные из промышленных побочных продуктов, представляют собой возобновляемую добавку для улучшения качества строительных материалов. Получение микробиологической добавки осуществлялось следующим способом: в колбу, содержащую 10 мл воды, культивировались бактерии *Bacillus Sphaericus*. При достижении бактериями максимальной концентрации в раствор добавляли микроцеллюлозу, в количестве 1 г. Раствор выдерживали в течение 24 часов, отфильтровывали и сушили при 30°C в течение 2 часов. Полученную микробиологическую добавку, состоящую из микроцеллюлозы с адсорбированными на нем спорами бактерий, смешивали с гипсом в количестве 0,2 масс. % и затворяли водой при В/Т = 0,56. Для сравнения гипс с аналогичным количеством чистой микроцеллюлозы, также затворяли водой. В ходе работы было подтверждено положительное действие микробиологической добавки на прочностные характеристики твердеющего гипса (рис. 1-2).

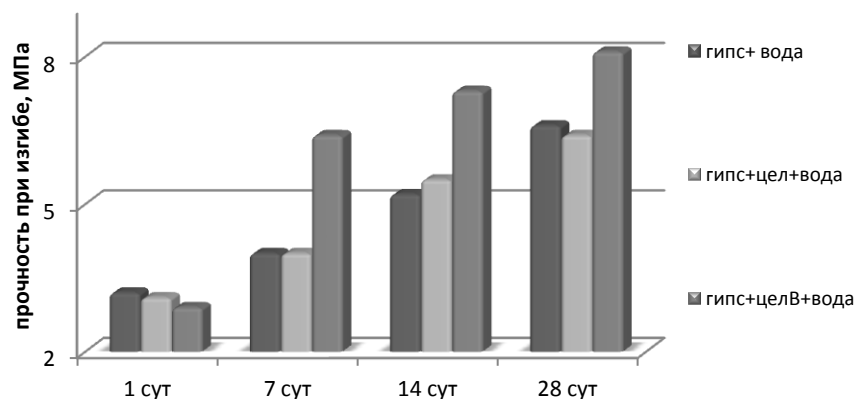


Рис. 1. Прочность гипса при изгибе

Использование культур бактерий *Bacillus Sphaericus*, осажденных на микроцеллюлозе к 28 суткам повышает прочность гипса при изгибе на 23%, в то время как добавление чистой микроцеллюлозы практически не влияет на процесс твердения гипса.

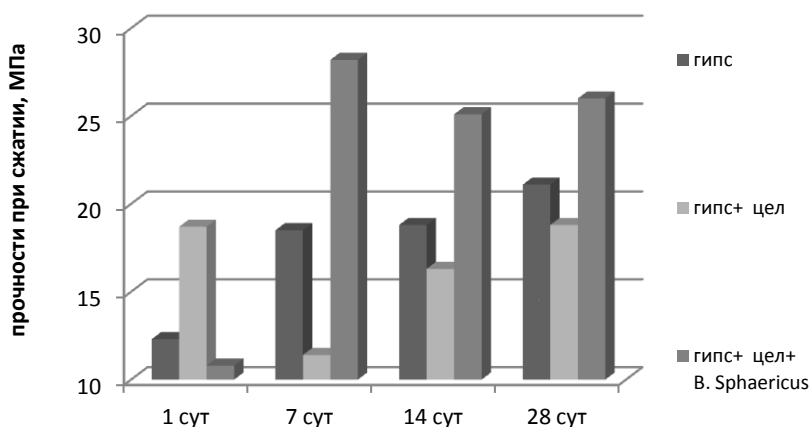


Рис. 2. Прочность гипса при сжатии

При исследовании прочности гипса при сжатии уже к 7 суткам наблюдается резкое увеличение прочности. К 28 суткам прирост прочности составил 38% по сравнению с образцами, затворенными чистой микроцеллюлозой.

Таким образом, явление биоминерализации приводит к повышению прочностных характеристик гипса, за счет образования карбоната кальция в поровом пространстве. Полученные результаты хорошо коррелируют с результатами исследования микроструктуры целлюлозы (рис. 3-5).

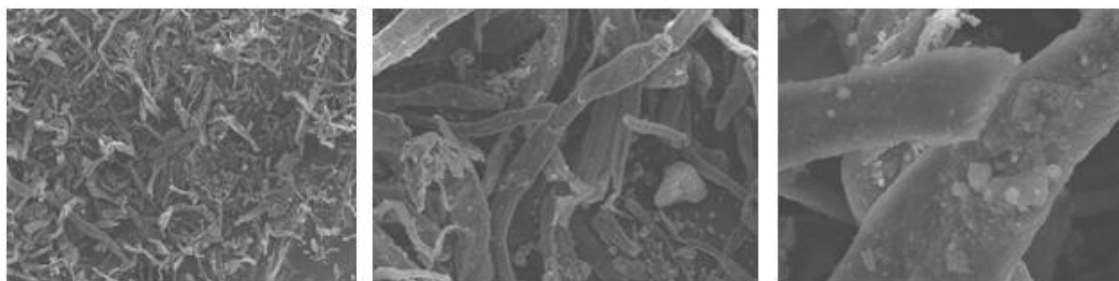


Рис. 3. Микроструктура целлюлозы

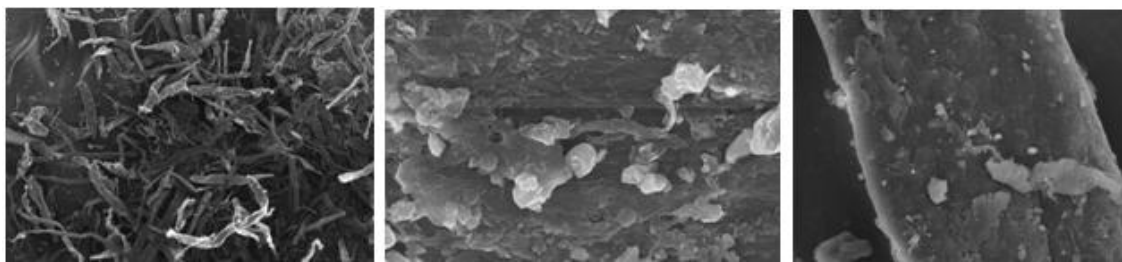


Рис. 4. Микроструктура целлюлозы с осажденными бактериями

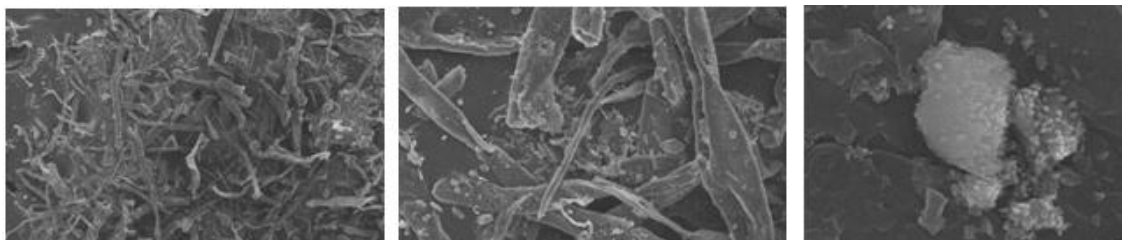


Рис. 5. Микроструктура целлюлозы с бактериями в среде гипса

На рисунках 4 - 5 отчетливо видны кристаллические новообразования, которые могут быть идентифицированы как споры бактерий *Bacillus Sphaericus*.

Таким образом, введение микроцеллюлозы с адсорбированными культурами бактерий *Bacillus Sphaericus* в состав гипса приводит к значительному повышению его прочности, что связано с образованием в его составе дополнительных количеств CaCO_3 .

Литература

1. Achal V.; Mukherjee A. & Reddy M. S. Biocalcification by *Sporosarcina pasteurii* using Corn steep liquor as nutrient source // J. Ind. Biotechnol., 2010.
2. Логинова Т. В., Мырмина А. К., Сергеева Н. А., Карамаш А. О., рук. Сивков С. П., Градова Н. Б. «Улучшение свойств затвердевшего гипсового камня методами биотехнологии» Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXIX, 2015. № 7 стр. 53-55.