

РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
Томский отдел
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ
СИБИРИ

Выпуск 25

Томск
2003

О РОЛИ МИКРООРГАНИЗМОВ В КОРРОЗИИ ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Защита от биоповреждений – одна из древних научных и практических проблем. Общество решает ее на протяжении всего периода своего существования и, скорее всего, ему придется это делать еще длительное время – ведь оно создает все новые и новые материалы, которыми насыщает окружающую среду.

Важнейший компонент данного процесса – живые организмы, которые становятся источником биоповреждающего воздействия при взаимодействии с объектом. Круг биоповреждающих агентов довольно широк, начиная от бактерий, грибов, лишайников, мхов, высших растений, кишечнорастворимых и заканчивая рыбами, птицами и млекопитающими. Более 40% общего объема биологических повреждений связано с деятельностью почти всех групп микроорганизмов – бактерий, грибов, актиномицетов, водорослей. Объектами биоповреждений в строительстве являются древесина, кирпич, горные породы (строительный камень), бетон, металл, металлоизделия, материалы на основе полимеров и др.

Давно известен и хорошо изучен процесс гниения древесины. Во влажных средах, при температурных перепадах, при отсутствии вентиляции и в других неблагоприятных эксплуатационных условиях плохо защищенные деревянные конструкции покрываются плесенью, домовыми грибами. Биоповреждения быстро распространяются по поверхности и вглубь древесины.

К сожалению, вопрос биоповреждений (биокоррозии) каменных (кирпич, бетон, штукатурка и др.) материалов пока не удостоен таким вниманием. Тем не менее, биоразрушение несущих конструкций и декоративных материалов в современных производственных и жилых зданиях становится все более распространенным явлением.

Ремонтные и восстановительные работы на зданиях и сооружениях в большинстве случаев производят без учета биокоррозионного фактора. Этому есть несколько объяснений: во-первых, непонимание важности вопроса защиты строительных материалов и конструкций от биоповреждений, во-вторых, элементарное отсутствие на рынке реальных, доступных, эффективных средств защиты от биологических разрушений материалов, в-третьих, отсутствие научно обоснованной, учитывающей множество факторов системы выполнения самих ремонтно-восстановительных работ.

Все горные породы, в основном, составляющие строительные материалы, это отложения некогда существовавших организмов и продуктов их жизнедеятельности. Осадочные породы, тем или иным путем образованные организмами, принято называть биогенными породами, или биолитами. Одни из них сложены из останков животных, другие образованы из растений. Обычно биолиты бывают смешанные, с преобладанием какого-либо руководящего организма, но нередко огромные плас-

ты, например, известняков, состоящих из скелетов одной корненожки, или битуминозные сланцы, почти исключительно состоящие из одного какого-либо вида водорослей или другого вида растений. Биолиты, следователио, представляют собою остатки ископаемого живого вещества [3]

Живое вещество за все время существования биосферы неизменно встречалось с одним и тем же минеральным субстратом, сменялись лишь формы организмов, образующие эти породы. Таким образом, никогда не прекращалось образование ни известняков, ни других органиогенных пород. Только функция эта переходила от одних форм организмов к другим [2].

Микроорганизмам для роста, развития и размножения необходимы питательные элементы. Синтетические возможности микроорганизмов и способы получения ими энергии весьма разнообразны. В связи с этим, различны и требования микроорганизмов к источникам питания.

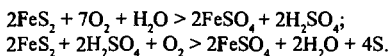
Как микробиологи, так и геологи давно осознали тот факт, что микроорганизмы играют важную роль в концентрации и распределении химических элементов в литосфере. Это особенно справедливо для многих металлов, которые, являясь существенными компонентами сложных биологических реакций, необходимы для поддержания метаболизма у большинства микроорганизмов. Эти химические элементы непосредственно включаются во внутриклеточные биохимические реакции, вследствие этого, микроорганизмы могут их накапливать или экскретировать в концентрированном виде.

Кроме того, внеклеточная химическая активность, инициируемая или катализируемая микроорганизмами или выделяемыми ими органическими соединениями, может приводить к образованию побочных продуктов, которые служат источниками питания или энергии для их дальнейшего роста. Железо и сера являются характерными примерами химических элементов, которые могут как окисляться, так и восстанавливаться различными микроорганизмами, представляя собой важный источник энергии для их роста [6].

В природных условиях бактерии способствуют переходу ряда тяжелых металлов из минеральной формы (очень часто из сульфидов) в водные растворы [1]. Среда природного выщелачивания сульфидных минералов должна быть кислой, причем наиболее подходящим растворителем является серная кислота. Этот процесс поддерживается благодаря присутствию различных количеств сильного окислителя – ионов железа (III). Также во всех реакциях, вызванных бактериями, присутствуют биохимические продукты микробного синтеза. Эти соединения могут либо непосредственно влиять на кинетику окисления сульфидных минералов, либо служить источником питательных веществ для гетеротрофных микроорганизмов, которые поддерживают соответствующие условия окружающей среды для роста автотрофных микроорганизмов, участвующих в выщелачивании минералов. Таким образом, процесс бактериального выщелачивания зависит от образования серной кислоты и ионов железа (III), которое происходит в результате бактериального окисления восстановленных соединений серы и ионов железа (II), соответственно [6].

Часто говорят о «прямом» и «косвенном» действии бактериальных выщелачивающих систем; эти термины относятся, соответственно, к растворению сульфидных пород непосредственно бактериями и с помощью железа (III), образовавшегося при бактериальном окислении железа (II).

Окислительные реакции, происходящие при бактериальном выщелачивании сульфидных минералов, могут быть лучше всего представлены при рассмотрении окисления пирита FeS_2 – минерала сульфида железа (II). Пирит может считаться самым важным сульфидным минеральным субстратом для активно выщелачивающих бактерий. Он содержит почти равные количества железа (II) и серы, которые являются основными источниками энергии для таких бактерий. Два уравнения реакции описывают окисление этого минерала в присутствии кислорода, воды и серной кислоты.



Наиболее важную группу бактерий, участвующих в выщелачивании сульфидных минералов, составляют кислотолюбивые тиобациллы, принадлежащие к семейству *Thiobacteriaceae*. Они характеризуются хемосинтетическим метаболизмом и способностью использовать окисление неорганической серы и ее соединений для получения энергии для роста. Наиболее значимыми для процесса выщелачивания минералов являются *Thiobacillus ferrooxidans*, *Th. thiooxidans*, *Th. acidophilus*, *Th. organophilus*. Самый важный среди других видов – *Th. ferrooxidans*. Этот вид способен использовать не только неорганические соединения серы, но и, одновременно с ними, в качестве неорганического субстрата для окисления, – железо (II).

Исследования особенностей разрушения и коррозии фундаментов зданий г. Томска, в основном, сго исторической части, показали, что фундаменты и кирпичные стены за сто лет подверглись сульфатной коррозии [4]. Мраморизованные известняки, слагающие часть фундаментов, замещаются гидросульфатом кальция (гипсом). Гипс легко растворим в воде, особенно в случае ее повышенной кислотности, что выражается в образовании пустот в блоках бутового фундамента. Нарушение целостности фундамента служит причиной ускоренной декарбонизации и механического разрушения стеновых конструкций, что вызывает нарушение теплоизоляционных свойств стропильных конструкций. Зачастую условия эксплуатации строительных конструкций и материалов на предприятиях, такие как высокий температурный режим, влажность, повышенное содержание солей, соединений азота и серы, органических веществ, дают возможность активному развитию на поверхности строительных конструкций бактерий цикла серы и азота, а также грибов.

Установлено, что микроорганизмы, вызывающие коррозию, имеются на поверхности всех материалов, находящихся в контакте с водой, а также в таких средах, как почва и нефть. По данным специалистов Великобритании, 50% всех коррозионных процессов вызываются действием микроорганизмов. В частности, процессы

развития химической коррозии способствуют бактерии, преобразующие серу и ее соединения, физической коррозии – бактерии, способные окислять металлы [5]. Обследование зданий – памятников архитектуры, а также жилых зданий выявило, что для всех их характерны повреждения фасадов, вызванные жизнедеятельностью плесневых грибов. В пробах, взятых на различной глубине фасада, обнаружены интритфицирующие и тионовые бактерии, а также споры плесневых грибов.

Изучение видового состава микроорганизмов в строительных материалах зданий исторической части г. Томска, подвергнутых биохимической коррозии, позволяет более обоснованно моделировать физико-химические свойства поврежденных материалов и оптимизировать составы гидрофобизирующих средств для ремонтных и реставрационных работ.

Литература

- 1 Алексеев В. А. Экологическая геохимия. М. Логос, 2000. 615 с.
- 2 Вернадский В. И. Избранные сочинения. М. Изд-во АН СССР, 1960. 410 с.
- 3 Виноградов А. П. Геохимия живого вещества. Л. Изд-во АН СССР, 1932. 67 с.
- 4 Маианков А. В., Паричев В. П., Подшивалов И. И. Геохимическая роль воды в природных и техногенных экологических процессах // Экология Сибири, Дальнего Востока и Арктики (ESFEA-2001) Томск, 2001.
- 5 Сворокова Л. Микробиологическая коррозия строительных материалов // Микробиологическая коррозия, 1985 № 3 С. 71–74.
- 6 Экологическая биохимия. Л. Химия, 1990. 384 с.