

ИЗМЕНЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ

Проблема изменения состава и свойств горных пород как многокомпонентных систем под воздействием производственной деятельности человека составляет одно из основных направлений исследований в современной инженерной геологии. В результате геологической деятельности человека возникают ранее неизвестные техногенные процессы, приводящие к изменению литолого-петрографических свойств пород и значительному преобразованию инженерно-геологических условий. Существенную роль в этих процессах играет биотическая компонента грунтов, а именно, микроорганизмы. Исключительную роль микроорганизмов в биогеохимических процессах отмечали В.И. Вернадский [3], С.Н. Виноградский [4], Б.Л. Исаченко [5] и другие отечественные исследователи [6]. При стабильном состоянии грунтов микроорганизмы способны нивелировать колебания газового состава, состава поровых вод и твердого компонента, возникающие при изменениях атмосферного давления и движении газов из мантии к поверхности, при подтоке подземных вод и нисходящем движении атмосферных вод. Значение микробиологической деятельности может существенно возрасти при нарушении стабильного состояния грунта, а также при техногенном воздействии [1, 2, 7].

Влияние микробиологических процессов на инженерно-геологические условия было изучено на примере одной из плотин Волжско-Камского каскада. Выполненный комплекс исследований показал, что в теле и основании плотины достаточно активно протекали микробиологические процессы, на что указывали следующие факторы:

- образование в подпочвенном воздухе очагов с повышенным содержанием метана, летучих органических соединений (продуктов бактериального разложения органического вещества) и углекислого газа (продукта бактериального окисления метана и летучих органических соединений);
- двух-шестикратное увеличение выноса из дренажной системы взвеси с большим количеством гидроксидов железа в летний период года по сравнению с зимним периодом;
- запах сероводорода в дренажных колодцах и появление в ИХ осадках новообразованных сингенетичных минералов кальцита и пирита;
- повышенное (108-122 мг/дм³) по сравнению с характерным для Пермского края (30-40 мг/дм³) содержание в дренируемых водах органического вещества;
- рост содержания гидрокарбонат-ионов в водах, фильтрующихся через тело плотины, как результат бактериального разложения водорастворенного органического вещества, очаговость распределения в теле плотины основных ионов бактериального цикла азота, появление в аллювиальном водоносном горизонте очага с повышенным содержанием ионов железа (II);
- наличие торфа в основании плотины, который может быть источником органических веществ для микроорганизмов, а его гумусовые вещества могут вовлекаться микроорганизмами в круговорот металлов и способствовать восстановлению устойчивых соединений железа (III).

Указанные признаки говорят о протекании двух типов микробиологической активности в плотине — аэробного и анаэробного [8].

По нашему мнению, деятельность микроорганизмов может приводить к изменению инженерно-геологических условий среды за счет следующих процессов и факторов:

- образование газов, повышающее напряженное состояние и вызывающее разрыхление грунтов;
- вынос отдельных элементов из грунтов, приводящий к разрушению их минерального скелета и снижению их механической прочности;
- изменение под действием микроорганизмов микроагрегатного и химического состава грунтов, диспергация глинистых агрегатов, повышение гидрофильности и как результат ухудшение прочностных и деформационных свойств;
- выделение микроорганизмами экзометаболических, проявляющих поверхностно-активные свойства и снижающих прочность структурных связей в грунтах.

Проведенные исследования показали, что вынос вещества под воздействием микроорганизмов увеличивается в 2-6 раз, однако в составе этого вещества преобладают не сами частицы грунта плотины, а вещество, новообразованное на окислительном биогеохимическом барьере из водорастворенных ионов металлов, среди которых доминирующую роль играют ионы железа. В то же время длительный вынос железа, являющегося в том числе и цементом частиц грунта, может отрицательно повлиять на его физико-механические свойства. Лабораторные испытания показали, что в результате протекания микробиологических процессов происходит ухудшение физико-механических свойств грунтов, что может повлиять на безопасность плотины:

- модуль деформации грунта снижается до 1,1-2 раз;
- сцепление частиц грунта снижается в 3 раза;
- угол внутреннего трения снижается до 1,1-1,7 раза;
- увеличивается набухаемость грунта.

Таким образом, биотические свойства грунтов имеют весьма существенное значение в инженерно-геологических исследованиях. Для того, чтобы применить адекватные меры защиты сооружений необходимо при проведении проектно-исследовательских работ проводить исследования грунтов на их микробиологическое заражение. При этом необходимо не только установить присутствие в грунтах различных физиологических групп микроорганизмов, но и дать оценку степени их агрессивности. В существующих нормативных документах отсутствует оценка степени агрессивности микробиоты грунтов по отношению к строительным материалам. Сложность таких оценок обусловлена тем, что агрессивность микробиоты подземного пространства зависит не только от количества и видового состава биодеструкторов, но и от температуры, влажности, аэрации, наличия или отсутствия в грунте органических веществ, антропогенных факторов и т.д. Большое разнообразие микроорганизмов в грунте, их способность адаптироваться к меняющимся условиям среды делают количественную оценку микробиоты, с точки зрения опасности для материалов, практически неразрешимой задачей. Но для принятия технических решений по защите инженерных сооружений от агрессивного воздействия микрофлоры грунтов и подземных вод такая оценка необходима.

Литература:

1 Болотина И.Н., Воронкевич С.Д., Максимович Н.Г. О возможности техногенных биогеохимических явлений при силикатизации гипсоносных пород // Вестн. Моск. ун-та. 1986. Сер.4. Геология. №4. С. 49–53.

2 Болотина И.Н., Максимович Н.Г. Изучение роли микроорганизмов подземных вод при химическом уплотнении гипсоносных пород основания плотины // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Координация ис-

следований на водохранилищах Камского каскада для разработки мероприятий по улучшению экологических условий в водоемах и на прилегающих территориях». Пермь, 1984. С. 44–45.

3 Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. — Тр. биогеохимической лаборатории, т. 16. М.: Наука, 1980. 320 с.

4 Виноградский С.Н. Микробиология почвы. — М.: Изд-во АН СССР, 1952. 792 с.

5 Исаченко Б.Л. Избранные труды. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 431 с.

6 Кузнецов С.И., Иванов М.В., Ляликова Н.Н. Введение в геологическую микробиологию. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 239 с.

7 Максимович Н.Г., Меньшикова Е.А., Казакевич С.В. Исследование возможности повышения агрессивности подземных вод при строительстве на пиритсодержащих глинистых грунтах // Мат. Межд. симп. «Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий». Екатеринбург: «Аква — Пресс», 2001. Т.2. С. 545–551.

8 Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Микробиологические процессы в грунтовых плотинах // Инженерные изыскания, 2013, № 9, с. 46–51