

сканиях // Сергеевские чтения. Международный год планеты Земля: задачи геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Выпуск 10. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (20-21 марта 2008 г.). М.: ГЕОС, 2008. С. 493-497.

МИКРОБИОЛОГИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

А.Д. Деменев, Н.Г. Максимович, Е.А. Хайрулина, В.Т. Хмурчик

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета (ЕНИ ПГНИУ), 614990, ул. Генкеля, 4.
E-mail: nmax54@gmail.com

Неотъемлемой частью инженерных изысканий является прогноз изменения состояния компонентов геологической среды на период строительства и эксплуатации сооружений. Особенно важным является оценка рисков возникновения процессов негативно влияющих на безопасность эксплуатации объектов. Инженерная деятельность человека нарушает условия протекания многих природных процессов, в том числе микробиологических. В ряде случаев это ведет к существенной активизации микробиоты, способной в короткие сроки оказать нежелательное влияние на параметры геологической среды.

Активность микробиологических процессов зависит от множества факторов и ее сложно спрогнозировать. Определенные количественные и качественные характеристики геологической среды, полученные при инженерных изысканиях, могут существенно изменяться в ходе строительства и эксплуатации сооружений. Это может привести к ухудшению экологической обстановки, повлиять на свойства грунтов и в конечном счете на безопасность сооружения [12].

В процессе жизнедеятельности микроорганизмы используют многие химические элементы и обладают способностью воздействовать на минералы, органические и неорганические вещества, что обуславливает их значительное влияние на свойства грунтов, минеральный состав, структуру, дисперсность, напряженное состояние. Интенсивное развитие микробиологических процессов оказывает значительное влияние на окислительно-восстановительный потенциал и кислотно-щелочной баланс среды [2, 5-10, 12, 13].

Микроорганизмы способны разрушать важнейшие минеральные компоненты горных пород, такие как силикаты, алюмосиликаты и карбонаты [21]. Вынос элементов из минералов в присутствии микроорганизмов в два-три раза выше, чем под действием воды или органических соединений. Особенности выноса элементов определяются прочностью связей атомов в

структуре кристаллической решетки, типом микроорганизмов и условиями разложения [23]. Более активное воздействие на грунт обусловлено способностью микроорганизмов окислять и восстанавливать элементы с переменной валентностью, входящие в состав кристаллических решеток минералов, влиянием метаболитов (неорганических и органических кислот и щелочей, слизей, сероводорода и др.). Минерал при этом может быть полностью разрушен либо трансформирован в другой при избирательном выносе элементов. Случаи полного микробного разрушения были установлены для нефелина, биотита, карбонатов [1].

Развитие микробиологической составляющей увеличивает содержание тонкодисперсной фракции, способствует формированию тонкой пористости, снижению проницаемости и водоотдачи песчаных грунтов. Сорбция бактериальных клеток и продуктов их метаболизма на глинистых частицах приводит к формированию биопленок, что значительно ослабляет интенсивность молекулярных взаимодействий между частицами, приводит к снижению прочности и показателей деформационных свойств [4]. Трансформации твердого компонента часто сопряжены с потреблением или выделением газов и, таким образом, с изменениями газового состава грунта. Установлено [13], что микроорганизмы могут увеличивать поровое давление грунта и придавать ему плавучие свойства.

Анализ нормативных документов показывает, что комплекс инженерных изысканий предполагает изучение лишь некоторых аспектов микробиологической деятельности.

В рамках *инженерно-экологических изысканий*, согласно СП 47.13330.2012 [20], предполагается изучение микробиоты с точки зрения санитарно-гигиенической ситуации. Утвержден перечень контролируемых показателей в грунтах, почвах, поверхностных и подземных водах, также в ряде случаев рекомендовано проводить газогеохимические исследования для анализа активности метангенерирующей и метанооксиляющей микрофлоры [15, 16].

Инженерно-гидрометеорологические изыскания предусматривают общую оценку современного экологического состояния водной и воздушной экосистем и их устойчивости к возможным воздействиям [20]. Необходимость анализа микробиологического состояния поверхностных вод в российских нормативных документах не определена.

Инженерно-геологические изыскания направлены на комплексное изучение условий взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой, включая прогноз возможных изменений её параметров [17-20]. В части микробиологических исследований в комплексе инженерно-геологических изысканий нормативными документами рекомендуется оценивать биоагрессивность подземных вод, в районах распространения органоминеральных и органических грунтов рекомендуется проводить дополнительные исследования по определению содержания органических веществ. [19, 20]. Свойства органоминеральных и органических грунтов следует устанавливать с учетом их возможного уплотнения, осушения и инженерной подготовки территории.

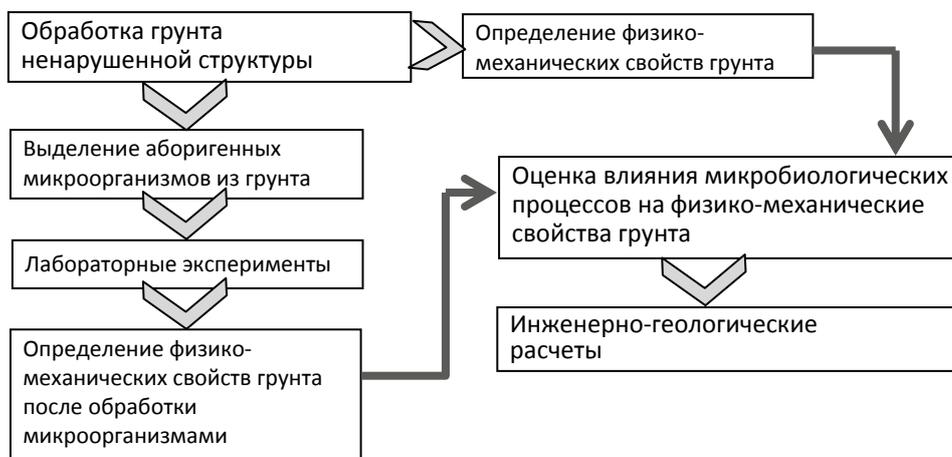


Рис 1. Исследования влияния микробиологических процессов на свойства грунтов

Агрессивность грунтов в инженерной геологии рассматривается как негативное химическое, бактериологическое или физико-химическое влияние на различные строительные конструкции. Рекомендуется оценивать биоагрессивность грунта по качественным признакам: окраске грунта и наличию восстановленных соединений серы, а также по наличию грибов и тионовых бактерий. Предполагаются также меры по защите от биокоррозии [3]. На территории г. Санкт-Петербурга, дополнительно к общепринятым методам исследований инженерно-геологических условий, в РВСН 20-01-2006 [14] предлагается более детальное изучение микробиологических процессов. На стадии изысканий для строительства новых зданий и сооружений необходимо определить степень микробной пораженности грунтов, степень агрессивности грунтовых вод, вызванной жизнедеятельностью микроорганизмов, наличие условий для биохимической газогенерации; наличие возможных источников питания для микроорганизмов, а также составить прогноз возможных изменений физико-механических свойств грунтов и развития различных процессов в основаниях зданий и сооружений под воздействием микроорганизмов. В РВСН 20-01-2006 достаточно широко рассмотрено влияние микробиологических процессов на строительные конструкции, здания и сооружения, подчеркнута необходимость прогноза изменений гидрохимической обстановки территории и физико-механических свойств грунтов в процессе эксплуатации инженерных сооружений, однако методики исследований для составления прогноза возможных изменений физико-механических свойств грунтов, необходимого для обеспечения безопасной эксплуатации инженерных сооружений, не приводится.

Таким образом, в существующих нормативных документах не представлены единые критерии для оценки нежелательных микробиологических

процессов, не разработаны методики, позволяющие спрогнозировать изменение параметров геологической среды в ходе эксплуатации зданий и сооружений.

При решении ряда задач необходимо исследовать природные компоненты на интенсивность протекания в них микробиологических процессов: не только установить присутствие различных физиологических групп микроорганизмов, но и дать оценку степени их потенциальной опасности. Отдельные методы, которые могут быть использованы с этой целью, были описаны авторами в составе комплекса исследований активности микробиоты в работе [12]. Возможный порядок проведения исследований физико-механических свойств грунтов представлен на рис. 1.

Несмотря на очевидность возможного негативного влияния микроорганизмов на геологическую среду, в настоящее время нет нормативных документов, четко регламентирующих методики микробиологических исследований при инженерных изысканиях. Кроме того, особенно важным является разработка и принятие нормативной базы по исследованию микробиоты и ее активности в грунтах, т.к. изменение их свойств может привести к возникновению аварийных ситуаций с непредсказуемыми последствиями.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант а_15-05-07461).

Литература

1. Болотина И.Н., Сергеев Е.М. Микробиологические исследования в инженерной геологии // Инженерная геология. 1987. № 5. С. 3-17.
2. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии // Труды биогеохимической лаборатории. Т. 16. М.: Наука, 1980. 320 с.
3. ГОСТ 9-602-2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. М.: МГС СНГ, 2006.
4. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Котюков П.В., Шидловская А.В. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга // Развитие городов и геотехническое строительство. 2011. № 13. С. 25-71
5. Дашко Р.Э., Шидловская А.В. Биотическая и абиотическая компоненты в подземной среде: их генезис и влияние на состояние и свойства песчаных отложений // Записки Горного института. 2012. Т. 197. С. 209-215.
6. Дашко Р. Э., Шидловская А. В., Панкратова К. В., Жукова А. М. Техногенная трансформация основных компонентов подземного пространства мегаполисов и ее учет в геомеханических расчетах (на примере Санкт-Петербурга) // Записки Горного института, 2011. Т. 190. С. 65-71.
7. Кофф Г.Л., Кожевина Л.С. Роль микроорганизмов в изменении геологической среды // Инженерная геология. 1981. № 6. С. 63-74.
8. Кузнецов С.И., Иванов М.В., Ляликowa Н.Н. Введение в геологическую микробиологию. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 239 с.
9. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Влияние микроорганизмов на минеральный состав и свойства грунтов // Вестник ПГУ. 2012. Сер. Геология. Вып. 3 (16). С. 47-54. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2012/0394.pdf>.

10. *Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т.* Микробиологические процессы в грунтовых плотинах // Инженерные изыскания. 2013. № 9. С. 66–72. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2013/0410.pdf>.
11. *Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т., Лаздовская М.А., Деменев А.Д.* Комплекс методов исследования микробиологической активности в грунтовых плотинах // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. Геология. География. 2014. № 4. С. 88-100. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2014/0435.pdf>.
12. *Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т., Хайрулина Е.А., Деменев А.Д.* Изучение микробиологических процессов в комплексе инженерных изысканий // Инженерные изыскания. – 2015. № 9. С. 40-44.
13. *Радина В.В.* Роль микроорганизмов в формировании свойств грунтов и их напряженного состояния // Гидротехническое строительство. 1973. № 9. С. 22-24.
14. РВСН 20-01-2006 (ТСН 20-303-2006). Защита строительных конструкций, зданий и сооружений от агрессивных химических и биологических воздействий окружающей среды. СПб.: Правительство Санкт-Петербурга, 2006.
15. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Минздрав РФ, 2003.
16. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М.: Госстрой России, 1997.
17. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. М.: Госстрой России, 1997.
18. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. М.: Госстрой России, 2000.
19. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. М.: Госстрой России, 2000.
20. СП 47.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 11-02-96). Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.: Госстрой России, 2012.
21. *Ehrlich H.L.* Geomicrobiology. New York: Marcel Dekker Inc., 1996. 719 p.
22. *Maksimovich N.G., Khmurchik V.T.* The influence of microbiological processes of subsurface waters and grounds in river dam basement / Engineering Geology for Society and Territory. Vol. 6. Applied Geology for Major Engineering Projects (ed. by G. Lollino et al.). Springer, 2015. P. 563-565.
23. *Maurice P.A., Vierkorn M.A., Hersman L.E., Fulghum J.E.* Dissolution of well and poorly ordered kaolinites by an aerobic bacterium // Chemical Geology. 2001. V. 180. № 1-4. P. 81-97.