

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА, СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МИКРОБНОГО КОМПЛЕКСА

П.В. Иванов, Н.А. Манучарова

Активизация микробного комплекса грунтов путем загрязнения органическими соединениями (нефтепродукты, канализационные стоки и др.) приводит к падению показателей прочностных и деформационных свойств на 50-75% [2]. Существуют данные, показывающие негативное влияние активных микробиологических процессов на свойства песков [1], с другой стороны, возможно повышение прочности несвязных грунтов вследствие биоцементации и других процессов [3].

Были изучены песчаные грунты (флювиогляциальные и техногенные), отобранные в Московском регионе. Активизация естественного микробного комплекса достигалась однократным увлажнением грунтов раствором глюкозы.

По результатам определения эмиссии CO_2 в образцах отмечено, что наиболее активно метаболические процессы протекают на 7-14 сутки сукцессии, активность дыхания здесь достигает максимальных величин, как и суммарная биомасса микроорганизмов. Период в 7-10 дней считается временем полного потребления глюкозы. В дальнейшем происходит резкий спад активности, а жизнедеятельность микробного комплекса происходит за счет преобразования продуктов метаболизма и органического вещества отмерших клеток.

Рентгеноструктурный анализ глинистой фракции показал, что в смешаннослойных минералах иллит-сметитового состава пакеты иллитового типа, вероятно, за счет выноса из межслоевого пространства ионов калия, становятся набухающими пакетами сметитового типа. Происходит увеличение дефектности всех глинистых минералов вплоть до разрушения отдельных кристаллов и появления в образце рентгеноаморфного вещества.

В присутствии CO_2 в поровом пространстве повышается растворимость карбонатов, на 10-20 сутки в водной вытяжке почти в 2 раза возрастает содержание ионов Ca^{2+} и HCO_3^- , а pH вытяжки повышается с 7-7,5 до 9,0-9,5. В дальнейшем возможно растворение коллоидных частиц (кремнезема) и вынос из решетки глинистых минералов Si и Al, что обуславливает снижение pH порового раствора и объясняет отмеченную выше аморфизацию глинистых минералов.

По результатам микроагрегатного анализа отмечена агрегация частиц в крупные агрегаты ($>0,25$ м) за счет частиц фракции 0,1-0,05 мм. К 7-14 суткам также формируются агрегаты размером 0,05-0,01 мм, но к концу опыта (30 сут) они распадаются. В литературе

описано 2 типа агрегатов. Один предполагает ведущую роль микробных клеток, которые «склеивают» и «спутывают» частицы [4]. Вероятно, обнаруженные нестойкие агрегаты относятся к этому типу. Формирование агрегатов второго типа определяется химическими и биохимическими факторами (формирование агрегатов вокруг крупных органических молекул, агрегация за счет насыщения обменных комплексов коллоидных частиц крупными молекулами и ионами металлов) [4], возможно, крупные агрегаты образуются этим путем.

К 7-9 суткам наблюдается заметное снижение угла внутреннего трения грунтов с 18-23° до 12-18°. При этом проявляется слабое сцепление (3-9 кПа). Вероятно, снижение угла внутреннего трения связано с формированием биопленок на поверхности частиц, а проявление сцепления – со «спутыванием» и «склеиванием» частиц грунта клетками и продуктами метаболизма. К 30 суткам флювиогляциальные пески теряют сцепление, а угол внутреннего трения достигает значений, превышающих на 1-3° исходные. В техногенном грунте снижение угла внутреннего трения и повышение сцепления отмечается и на 30 сутки опыта. Вероятно, это связано с наличием в песке органических веществ (0,6% по массе) и повышенным содержанием глинистой фракции (8%). С одной стороны, это может способствовать более длительному активному метаболизму микроорганизмов и формированию большего количества органических веществ, проявляющих поверхностно-активные свойства. С другой, осаждение карбонатов и аморфизация глинистых минералов на конечных сроках сукцессии может приводить к формированию слабого цемента, обуславливающего увеличение сцепления грунта.

Дальнейшие исследования роли функционального микробного комплекса грунтов в формировании их свойств должны дать основу для разработки методов управления этими свойствами.

Список литературы

1. Горин С.Е., Роот П.Э. Влияние микроорганизмов на прочностные свойства песчаных грунтов // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. Выпуск 4. М.: Изд-во МГУ, 1978. С. 59-61.
2. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Шидловская А.В. Роль микробиоты в инженерной геологии и геоэкологии: история вопроса и результаты экспериментальных исследований // Сергеевские чтения. Выпуск 6, 2004. С. 48-52.
3. DeJong, J.T. et al. Biogeochemical processes and geotechnical applications: progress, opportunities and challenges // Geotechnique, 63, No. 4, 2013. P. 287-301

4. Elmholt S., Deboz K., Munkholm L.J., Schjønning P. Biotic and abiotic binding and bonding mechanisms in soils with long-term differences in management // DIAS report, Danish Institute of Agricultural Sciences, 38, 2000. P. 53-62.