

## Отзыв

на диссертацию П.В. Иванова «Изменение состава, строения и свойств дисперсных грунтов при активизации их природного микробного комплекса», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

**Актуальность темы.** В настоящее время микроорганизмы рассматриваются как один из важных компонентов подземного пространства, изучение взаимодействия которых с грунтами в зависимости от их состава, состояния и свойств, в том числе от степени водонасыщения, химического состава подземных вод часто носит случайный характер. В конце 20 века (1996 г.) в Давосе проходила международная конференция, на которой было объявлено, что благодаря работам ученых различных стран, в том числе и геологов, возникла и развивается новая междисциплинарная наука «подземная микробиология», важной задачей которой является установление закономерностей позитивной и негативной деятельности микробиоты в подземном пространстве в диапазоне глубин от нескольких метров до 2-3 и более километров. Эта конференция дала большой импульс развитию не только микробиологии, но и изучению микроорганизмов в подземной среде в различных областях теоретических и практических знаний: во многих разделах геологии (минералогии, петрографии, генезиса месторождений полезных ископаемых – твердых, жидких, газообразных и др.), радиобиологии, молекулярной биологии, биотехнологии, обеспечении безопасности захоронения опасных промышленных отходов, в том числе и радиоактивных, экологии подземного пространства и др. Двадцать первый век ознаменовался выпуском периодических изданий в области геобиологии и биogeологии, а также проведением международных конференций и симпозиумов в различных странах. Достаточно назвать две конференции,

которые проходили осенью 2014 года в США (штат Калифорния) и Австралии (Мельбурн). К сожалению, в таких крупных научных событиях российские ученые не принимают активного участия, хотя междисциплинарный подход в подобных исследованиях безусловно значительно продвинул и ускорил развитие инженерной геологии, её экологических направлений, сыграл бы важную роль в методологии теоретических и прикладных исследований инженерной геологии, а также гидрогеологии.

Принимая во внимание особенности развития научных направлений с учетом мировой практики, диссертация П.В. Иванова, посвященная исследованию состава, строения и свойств грунтов безусловно должна рассматриваться как актуальная и восполняющая определенный пробел наших знаний о роли микроорганизмов в подземной среде на сравнительно небольших глубинах.

**Цель работы** и поставленные в ней задачи полностью соответствуют тематике диссертации. Структура диссертации состоит из пяти глав, введения и заключения, списка литературы из 142 наименований, а также 7 приложений. Общий объем диссертации – 187 страниц текста.

**Степень обоснованности научных исследований.** В диссертации сформулированы четыре защищаемых положения, первое из которых касается возрастания активности микробного комплекса на 7 суток после одноразового внесения питательного субстрата в грунт; второе положение – фиксация на основании экспериментальных данных необратимого преобразования кристаллохимической решетки глинистых минералов и их разрушения, а также растворения карбонатов при микробном дыхании и выделении  $\text{CO}_2$ ; третье положение относится к решению важной проблемы – формированию различного типа и природы структурных связей в результате деятельности микроорганизмов и их взаимодействия, а также продуктов метаболизма с минеральными частицами грунтов; четвертое положение

связано с влиянием микробиоты на негативные изменения прочности и деформационной способности песчано-глинистых грунтов.

Работа выполнена на базе экспериментальных (лабораторных) исследований с использованием образцов дисперсных грунтов территории Москвы, ближнего Подмосковья, аллювиальных грунтов основания грунтовых плотин Камской ГЭС. При этом были изучены техногенные образования самой верхней части разреза (глубины 0,4-4,1 м), аллювиальные грунты первой надпойменной террасы р. Москвы (суглинки с органическим веществом различного генезиса), верхнеюрские глины с глубины 36,8-37,5 м (скважина с площадки строительства станции метро «Окская»). Кроме того, в работе были исследованы глинистые грунты из коллекции — мономинеральные смектиты и каолиниты.

В этих образцах с помощью люминесцентной микроскопии определялась численность бактерий, микромицетов и актиномицетов, подсчитывалось число живых клеток бактерий, длина мицелия грибов и его масса, а также масса микромицетов, что в конечном итоге суммировалось как общая биомасса в грунтах (мг/г). Прослежена тенденция изменения содержания биомассы с глубиной, а также связь между её содержанием и органическим веществом.

Кроме того, проводились исследования не только биомассы, но и в небольшом объеме были выделены функциональные группы микроорганизмов в накопительных культурах. Учитывая условия проведения опытов, в том числе высокие значения Eh, невозможно было выделить анаэробные формы микроорганизмов, деятельность которых имеет принципиальное значение при изучении подземной микробиоты ниже почвенного слоя, особенно культивируемого и аэрируемого. В небольшом объеме даны результаты исследований бактерий и микромицетов различных родов, что иллюстрируется фотографиями общего вида клеток, однако нет сведений, при каких увеличениях были выполнены эти снимки. Особого

внимания заслуживают опыты автора диссертации по активизации деятельности микробного сообщества в перечисленных выше грунтах после поступления питательного субстрата в образцы – раствора глюкозы, о чем свидетельствовала динамика эмиссии углекислого газа во времени как показателя активного дыхания микроорганизмов. Были установлены закономерности выделения  $\text{CO}_2$  в грунтах техногенного и природного происхождения, при этом отмеченный в техногенных образованиях максимум эмиссии  $\text{CO}_2$  характеризуется более низкими значениями, чем в природных грунтах. Общим признаком для всех исследованных образцов служит один и тот же интервал времени, по истечении которого наблюдается пик сукцессии (около 7 дней) а далее снижение активности деятельности микробиоты, что, по мнению автора, связано с исчерпанием питательных веществ. Отмечено, специфика сукцессии в образцах юрской глины как после привноса раствора глюкозы, так и воды. Кроме фиксации выделения  $\text{CO}_2$  определялся прирост и снижение биомассы. Были предложены два показателя: коэффициент микробного отклика на глюкозу и величина удельной активности дыхания микроорганизмов. Отмечены закономерности роста общей биомассы при незначительном увеличении массы микромицетов.

В работе динамика активизации микробного сообщества грунтов при внесении питательных субстратов тесно связывается с изменением состава, строения, прочности и деформационной способности песчано-глинистых грунтов. Наиболее детально выполнены исследования характера качественных и количественных изменений глинистых минералов с помощью рентгено-структурного анализа и получения детальных дифрактограмм. Трансформацию глинистых минералов автор диссертации связывает с потреблением ионов калия из межпакетного пространства, а также с использованием бактериями энергии окислительно-восстановительных реакций элементов с переменной валентностью, прежде

всего, железа. Особенно детально выполнены исследования изменения минерального состава для грунтов основания плотин Камской ГЭС.

Автор предлагает при оценке изменения структуры грунтов, в которых протекает деятельность микроорганизмов, выделять биогенные структурные связи, которые формируются при непосредственном участии клеток микроорганизмов, и биогенно обусловленные структурные связи, образующиеся за счет выделения различных продуктов метаболизма. В этом разделе (5 глава диссертации) приведены структуры исследованных грунтов при различных увеличениях (РЭМ), на которых видны скопления клеток либо отдельных клеток различных микроорганизмов. В диссертации приведены изменения микроагрегатного состава грунтов, причем образование более крупных агрегатов связано с накоплением мицелия грибных культур, а значительное увеличение частиц фракцией 0,1-0,05 мм – адгезией клеток бактерий и формированием биоэлектростатических структурных связей.

Исследование механических свойств грунтов проводилось путем их обработки накопительной культурой (спустя 20 суток), а также в ходе микробной сукцессии при поступлении раствора глюкозы.

Во всех случаях отмечается снижение показателей сопротивления сдвигу и модуля общей деформации. Однако встречаются и некоторые отклонения от установленной зависимости (таблица 22), что может быть связано с субъективными обстоятельствами – доуплотнением грунтов, особенно песчаных, в одноплоскостных сдвижных приборах.

Большой объем выполненных экспериментальных исследований, используемые теоретические положения формирования и изменения состава, состояния и свойств дисперсных грунтов различного генезиса, широкое применение различных микробиологических подходов к оценке степени активности деятельности микроорганизмов, привлечение современной аппаратуры и методов исследований для оценки изменения минерального

состава грунтов и их микроструктуры дает возможность сделать однозначный вывод о достоверности полученных результатов и обоснованности научных положений.

**Научная новизна** рассматриваемой работы, может быть сформулирована по трем позициям:

- Активизация микробной деятельности даже после однократного внесения питательного субстрата – глюкозы и формирование микробного сообщества спустя 15-21 суток эксперимента позволяют сделать однозначный вывод о значимости и необходимости изучения подземной микробиоты для прогнозирования изменения состава, состояния и свойств дисперсных грунтов, развития нежелательных инженерно-геологических процессов и явлений в подземной среде.

- Доказана возможность преобразования глинистой составляющей дисперсных грунтов – прежде всего, смешано-слоистых минералов иллит-сметитового состава, растворение и выщелачивание карбонатов, связанное с деятельностью микроорганизмов и продуктов метаболизма, прежде всего,  $\text{CO}_2$ .

- Выявлено снижение показателей сопротивления сдвигу и модуля общей деформации в глинистых грунтах при активизации микробной деятельности по результатам экспериментальных исследований на различных объектах.

**Практическая ценность работы** заключается в необходимости развития расширенной системы мониторинга, в структуру которой должны быть обязательно включены наблюдения за активизацией микробиологической деятельности и процессами, вызванными непосредственным воздействием подземной микробиоты (природной и привнесенной) на грунты, подземные воды и конструкционные материалы.

**Значимость для науки и практики полученных автором результатов.** Диссертационная работа представляет как научную, так и

практическую ценность, так как разработанные автором определенные методические подходы к изучению активизации микробной деятельности в грунтах, результаты экспериментальных исследований, подтверждающие негативную роль микробиоты в преобразовании дисперсных грунтов, в том числе их состава, структуры и физико-механических свойств дает возможность включения деятельности микроорганизмов в обязательную программу теоретических и научных исследований инженерной и экологической геологии, а также в практику инженерно-геологических изысканий при строительстве сооружений, технологический режим которых предусматривает утечки, содержащие питательные и энергетические субстраты, а также микробиоту. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при чтении курсов лекций в сфере инженерной и экологической геологии.

Изучение роли микроорганизмов при прогнозировании устойчивости и безопасности функционирования сооружений различного назначения может улучшить показатели по безаварийности эксплуатаций инженерных объектов в сложных инженерно-геологических условиях при высоком уровне техногенной нагрузки на подземную среду.

По теме диссертации опубликовано 12 работ, включая и тезисы докладов, из них 4 статьи – в изданиях, рекомендованных ВАК. Все 12 работ полностью отражают содержание и основные идеи диссертационной работы. Кроме того, результаты работы докладывались на 7 конференциях, в том числе 4 международных.

Диссертация написана технически грамотным языком и хорошо иллюстрирована.

**Замечания по диссертации.** Отмечая научную и практическую значимость представленной на отзыв работы, обоснованность основных её результатов, следует при этом сделать ряд замечаний.

1. В первой главе диссертации, посвященной современным представлениям о влиянии микробиологических процессов на состав, строение и свойства грунтов, автор делает ссылки на работы отечественных ученых, которые отнесены к микробиологам, хотя на самом деле ничего нового в развитии роли микроорганизмов в подземной среде не внесли и всегда работали как специалисты в инженерной геологии. Автор диссертации не ознакомлен с трудами конгрессов по подземной микробиологии, в которых он мог почерпнуть богатейшие сведения об особенностях деятельности микробиоты в подземном пространстве на различных глубинах.

2. Вывод автора диссертации о постепенном затухании активности микроорганизмов с глубиной только на основании своих собственных исследований нельзя признать правомочным. К сожалению, в диссертации нет никаких сведений о гидрогеологических условиях отбора проб различного типа дисперсных грунтов в Москве и Подмосковье. Подземные воды, содержащие питательные и энергетические субстраты, являются действенным фактором при развитии и активизации микробной деятельности. Рисунок 27 (стр. 84) в диссертации, показывающий сравнительную оценку общей биомассы некорректен по своей сути, поскольку образцы грунтов отобраны в различных условиях, а два образца представляют коллекционный материал.

3. Оппонент не может согласиться с разделением структурных связей в грунтах на биогенные и биогенно обусловленные. Работы зарубежных и отечественных микробиологов по изучению биопленок на наноуровне дали возможность установить, что живые и мертвые клетки микроорганизмов, а также продукты их метаболизма сорбируются (адгезируются) на поверхности твердых частиц не отдельными слоями (участками), а в тесной взаимосвязи и взаимодействии. Соответственно разделение на 2 группы связей, мягко говоря, неправомерно (третье защищаемое положение).



4. Образование биопленок на песчаных частицах не приводит к их упрочнению, так как снижается внутреннее трение, биомасса заполняет также поровое пространство, изменяя коэффициент фильтрации и водоотдачу до практически нулевых значений. Пески переходят в «тяжелую» жидкость – пльвуны. В лабораторных условиях для любого пльвуна в одноплоскостном сдвижном приборе можно получить грунт с трением и сцеплением.

Однако указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость диссертации П.В. Иванова.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным  
«Положением о присуждении ученых степеней»**

Диссертационная работа Иванова П.В. является самостоятельной научной работой, содержащей научно-обоснованные разработки, результаты которой имеют теоретическое и прикладное значение для инженерной и экологической геологии, развития их методологии и новых научных направлений, а также совершенствования развития системы инженерно-геологических изысканий при строительстве сооружений различного назначения.

Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Иванова Павла Владиславовича является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (утвержденным Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.), предъявляемым к диссертационным работам, а её автор Иванов П.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Автор отзыва, Дашко Р.Э., согласен на включение персональных данных в документы связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

**Официальный оппонент:**

**профессор кафедры**

**гидрогеологии и инженерной**

**геологии Национального**

**минерально-сырьевого**

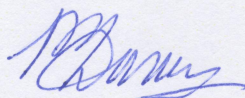
**университета «Горный», доктор**

**геолого-минералогических наук,**

**заслуженный деятель**

**науки РФ**

04.03.2016



**Дашко Регина Эдуардовна**

199106, Россия, Санкт-Петербург

В.О., 21-я линия, д.2

тел.: 8 (812) 328-82-88

e-mail: [regda2002@mail.ru](mailto:regda2002@mail.ru)



*Р.Э. Дашко*  
Начальник  
производства

*Камышев Е.В. 04.03.2016*