

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке
Пермского национального
исследовательского политехнического
университета

доктор физико-математических наук,
доцент

Швейкин Алексей Игоревич



_____ 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Диссертация «Закономерности формирования сил адгезии глин, модифицированных высоким давлением» выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Геологии нефти и газа» и в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» на кафедре «Инженерной геологии и охраны недр».

Во время подготовки диссертации соискатель Федоров Максим Вячеславович работал ассистентом на кафедре «Инженерной геологии и охраны недр» в федеральном государственной автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» и в изыскательской организации ООО «Противокарстовая и береговая защита» в камеральной группе на должности инженера 3 категории.

В 2019 году Федоров М.В. окончил с отличием федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по направлению 05.04.01 «Геология» с присвоением квалификации магистра.

В 2022 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по направлению

05.06.01 Науки о Земле. Период обучения в аспирантуре 01.09.2019 – 31.08.2022. После окончания аспирантуры решением Государственной экзаменационной комиссии Федорову М.В. присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, профессор Середин Валерий Викторович, профессор кафедры «Геологии нефти и газа» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», заведующий кафедрой «Инженерной геологии и охраны недр» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

По итогам обсуждения диссертационной работы принято следующее заключение:

1. Представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании теоретических и экспериментальных, выполненных автором исследований, решена научная задача по установлению закономерностей изменения адгезионных свойств глин при техногенном воздействии, имеющая важное значение для развития инженерной геологии.

2. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации выражается в его непосредственном участии в период с 2016 по 2022 гг. в выполнении экспериментальных работ, с последующим осуществлением научных обобщений, подготовкой научных публикаций и выступлениях на конференциях по теме исследования. Материалы исследований, приведённые в диссертации, получены и обработаны автором лично.

3. Научная новизна результатов диссертационного исследования, которые получены лично автором, заключается в том, что в работе впервые изучено формирование адгезионных свойств глин каолинового и монтмориллонитового состава, механически модифицированных давлением со сдвигом. Исследовано и доказано влияние толщины пленки адсорбированной воды и шероховатости поверхности частиц на формирование сил адгезии глин. Предложен метод оценки энергетического потенциала поверхности минералов с помощью атомно-силового микроскопа, посредством исследования шероховатости образца и вычисления фазового контраста поверхности.

4. Степень достоверности результатов проведённых исследований.

Теоретические результаты работы базируются на фундаментальных основах грунтоведения и инженерной геологии. Результаты экспериментальных исследований получены на сертифицированной аппаратуре и оборудовании, прошедшем метрологическую поверку. Анализ экспериментальных результатов выполнен на основе большого объема опытных данных (более 1300 опытов).

Обработка экспериментальных данных производилась с помощью математических, статистических и аналитических методов.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов подтверждается положительными результатами защиты научно-исследовательских работ на различных научных мероприятиях. Все выводы автора аргументированы приведенным в работе фактическим материалом.

5. Практическая значимость результатов заключается в обосновании метода механической активации глин высоким давлением, который может использоваться в качестве самостоятельной технологии или в комплексе с другими способами модифицирования, и позволит создать материалы с заданными свойствами, то есть управлять свойствами глинистых грунтов. Выявленная закономерность повышения водоудерживающих свойств глин, при обработке их высоким давлением, может использоваться при формировании буровых и тампонажных растворов. Специфические особенности глин, их низкая стоимость и местная доступность, в совокупности с дополнительной активацией давлением, могут оказаться дешевым и эффективным методом для удаления катионных загрязнителей из водных растворов и сточных промышленных вод.

6. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем:

Содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 13 научных статьях, из них две работы индексируются научными базами Scopus и Web of Science, 4 опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК. Материалы работы докладывались и обсуждались на конференциях и форумах: «Геология в развивающемся мире», Пермь, 2016–2019 г., 2021 г.; «Современные технологии в строительстве. Теория и практика», Пермь, 2016 г.; «Наука и глобальные вызовы XXI века» («Science and Global Challenges of the 21st Century»), Пермь, 2021 г.

Наиболее значимые работы

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в перечень ВАК:

1. Закономерности изменения сил адгезии на поверхности частиц каолининовой глины, подверженной сжатию / В. В. Середин, М. В. Федоров, И. В. Лунегов, Н. А. Медведева // Инженерная геология. – 2018. – Т. 13. – № 3. – С. 8-18. – DOI 10.25296/1993-5056-2018-13-3-8-18. – EDN UQDUCQ.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенные соискателем, показали, что на энергетическую активность поверхности глинистых частиц оказывают влияние факторы, которые формируют и изменяют кристаллическую решетку минерала (строение кристаллической решетки минералов, изоморфные замещения, изменение микроструктуры минералов и др.), и показатели, изменяющие первичный энергетический потенциал поверхности

минерала (состав, свойства и содержание жидкостей, вступающих во взаимодействие с минералом). Результаты экспериментальных исследований показали, что с увеличением давления на глины до 800 МПа наблюдается рост сил адгезии на поверхности частиц.

2. Изменение сил адгезии на поверхности частиц при обработке монтмориллонитовой глины высоким давлением / **М. В. Федоров**, И. В. Лунегов, Н. А. Медведева [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – Т. 19. – № 1. – С. 26-38. – DOI 10.15593/2224-9923/2019.1.3. – EDN ZBLZOH.

Целью работы являлось изучение закономерностей изменения сил адгезии на поверхности частиц монтмориллонитовой глины, обработанной стрессовым давлением и сдвигом. Результаты экспериментов показали, что с ростом давления на монтмориллонит силы адгезии изменяются следующим образом: при возрастании давления уплотнения от 25 до 200 МПа силы адгезии увеличиваются с 0,32 до 0,70 нН, а при воздействии давлений свыше 200 МПа силы адгезии уменьшаются (до 0,40 нН при $P = 800$ МПа). Подобная закономерность объясняется увеличением толщины водной пленки и с ростом дефектов на поверхности частицы, вызванных давлением и сдвигом.

3. Изменение сил адгезии монтмориллонитовой и каолиновой глин, обработанных стрессовым давлением / В. В. Середин, И. В. Лунегов, **М. В. Федоров**, Н. А. Медведева // Инженерная геология. – 2019. – Т. 14. – № 2. – С. 44-59. – DOI 10.25296/1993-5056-2019-14-2-44-59. – EDN LUBOXN.

Целью работы являлось изучение закономерностей изменения сил адгезии на поверхности частиц монтмориллонитовой и каолиновой глин, обработанных стрессовым давлением до 800 МПа и сдвигом на 90°. Экспериментально доказано, что при механической обработке каолиновой и монтмориллонитовой глин стрессовым давлением и сдвигом, изменения силы адгезии обусловлены процессами дробления, агрегации и деформации частиц, которые приводят к изменению дефектности кристаллической решетки и поверхности частиц.

4. **Федоров, М. В.** Формирование энергетических свойств поверхности глинистых частиц, модифицированных высоким давлением / **М. В. Федоров**, В. В. Середин, И. В. Лунегов // Вестник Пермского университета. Геология. – 2021. – Т. 20. – № 1. – С. 33-48. – DOI 10.17072/psu.geol.20.1.33. – EDN DJDLQU.

В работе соискателем рассматриваются вопросы изменения энергетической активности поверхности глинистых частиц, модифицированных давлением величиной до 800 МПа. Выявлено, что в каолиновой глине при увеличении давления от 25 до 800 МПа, сила адгезии возрастает соответственно от 0,25 до 0,78 нН. В глинах монтмориллонитового состава рост давления до 150 МПа приводит к

усилению адгезионного взаимодействия, а дальнейшее увеличение нагрузки до 800 МПа - к его снижению.

Статьи, опубликованные в изданиях, индексируемых научными базами Scopus и Web of Science:

5. Changes in adhesion force on kaolin under pressures / V. Seredin, **M. Fyodorov**, I. Lunegov, V. Galkin // AIP Conference Proceedings : 28th Russian Conference on Mathematical Modelling in Natural Sciences, RuMoNaS 2019, Perm, 02–05 октября 2019 года. – Perm: American Institute of Physics Inc., 2020. – P. 040004. – DOI 10.1063/5.0003673. – EDN ABQJZL.

В данной работе глину каолинитового состава подвергали воздействию давлению $P=800$ МПа. На полученных образцах соискателем определены силы адгезии, шероховатость поверхности образцов, толщина пленки воды на поверхности частиц и дифрактометрические параметры. Экспериментальные исследования показали, давление формирует дефекты как кристаллической решетки, так и поверхности частиц, которые проявляются в изменении физико-химических свойств глины.

6. **Fyodorov, M. V.** Change in the Adhesion Force of Clay Soils Modified by Hydrochloric Acid and Pressure / M. V. Fyodorov, V. V. Seredin, I. V. Lunegov // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 342 LNNS. – P. 236-244. – DOI 10.1007/978-3-030-89477-1_23. – EDN BCHEYS.

В работе рассмотрено комплексное влияние химической и механической активации глин на изменение их энергетических свойств, оцениваемое путем измерения силы сцепления поверхности частиц. Результаты экспериментальных исследований, проведенных соискателем, показали, что при обработке глинистых грунтов раствором соляной кислоты и стрессовым давлением силы адгезии существенно не изменяются. При этом не выявлено влияния модификации на силу адгезии в монтмориллонитовых глинах, тогда как для грунтов каолинитовой группы обнаружена закономерность, что с ростом давления силы адгезии уменьшаются.

7. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите:

Представленная Федоровым Максимом Вячеславовичем диссертационная работа на тему «Закономерности формирования сил адгезии глин, модифицированных высоким давлением» соответствует паспорту научной специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение, а именно:

п.1 – Состав и строение не мерзлых, талых и мерзлых пород (грунтов) как многокомпонентных систем, физико-химические явления и процессы при

взаимодействии компонентов грунта. Структурные связи и их природа, процессы структурообразования в грунтах.

п.2 – Физические, физико-механические и физико-химические свойства грунтов, природа их деформируемости и прочности, корреляция между свойствами, классификационные и расчетные показатели свойств грунтов.

п.7 – Техническая мелиорация грунтов, создание геотехнических массивов пород (грунтовых толщ) с заданными прочностными, деформационными, фильтрационными, теплофизическими и другими свойствами.

Диссертационная работа Федорова Максима Вячеславовича на тему «Закономерности формирования сил адгезии глин, модифицированных высоким давлением» отвечает требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.: Федоров М.В. корректно ссылается в тексте диссертации на авторов и источники заимствования материалов или отдельные результаты. Результаты, полученные соискателем лично или в соавторстве, опубликованы в открытой печати.

Диссертация на тему «Закономерности формирования сил адгезии глин, модифицированных высоким давлением» Федорова Максима Вячеславовича, рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Заключение принято на заседании кафедры «Геология нефти и газа» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Присутствовало на заседании 16 чел. Результаты голосования: "за" – 16 чел., "против" – 0 чел., "воздержалось" – 0 чел., протокол № 14 от "06" октября 2022г.

Заведующий кафедрой
«Геологии нефти и газа»,
доктор геол.-мин. наук,
профессор

– В.И. Галкин

Секретарь

– К.С. Лемешко