

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.03.22
по диссертации Федорова Максима Вячеславовича на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

О присуждении Федорову Максиму Вячеславович, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Закономерности формирования сил адгезии глин, модифицированных высоким давлением» по специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение принята к защите 25 октября 2022 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом Д ПНИПУ.03.22, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от «14» октября 2022 г. № 102-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым – четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 1792-р.

Соискатель Федоров Максим Вячеславович, 1996 года рождения, работает ассистентом кафедры «Инженерная геология и охрана недр» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, в период с 09.2019 г. по 08.2022 г. являлся аспирантом данной кафедры.

Диссертация выполнена на кафедре «Инженерная геология и охрана недр» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и на кафедре «Геология нефти и газа» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Середин Валерий Викторович, доктор геолого-минералогических наук (научная специальность 11.00.11 – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов), профессор, работает профессором кафедры «Геология нефти и газа» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (основное место работы) и заведующим кафедрой «Инженерная геология и охрана недр» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Официальные оппоненты:

1. Кутепов Юрий Иванович, доктор технических наук (научная специальность 05.05.15 – Рудничная геология), профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией гидрогеологии и экологии научного центра геомеханики и проблем горного производства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (г. Санкт-Петербург);

2. Савинцев Иван Андреевич, кандидат геолого-минералогических наук (научная специальность 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение), доцент, доцент кафедры «Гидрогеология, инженерная геология и геоэкология» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (г. Екатеринбург).

дали положительные отзывы на диссертационную работу.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой общей геологии и гидрогеологии, кандидатом геолого-минералогических наук, доцентом Королевым Э.А. и кандидатом технических наук Латыповым А.И., утвержденным первым проректором, проректором по научной деятельности, доктором физико-математических наук, профессором Д.А. Таюрским, отмечает, что работа соответствует критериям, установленным для кандидатских

диссертаций Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются компетентными учеными в технической области науки, имеющими публикации в соответствующей сфере исследования, а ведущая организация имеет широко известные достижения в данной отрасли науки и способна определить научную и практическую ценность диссертации, а также соответствием п.22 и п.24 Положения о присуждении ученых степеней.

По теме диссертации соискателем опубликовано 13 научных трудов, в том числе 6 работ – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени, из них 2 работы – в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования (Web of Science, Scopus, GeoRef). В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Закономерности изменения сил адгезии на поверхности частиц каолиновой 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.

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.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика активации природных глин каолинового и монтмориллонитового составов для повышения их энергетических и адгезионных характеристик;

предложена оригинальная методика изучения процесса формирования адгезионных свойств глин в зависимости от их структурных особенностей, морфологии и энергетического потенциала с использованием широкого перечня современных методов исследований;

представлен новый методический подход в изучении энергетических и адгезионных свойств поверхности глинистых грунтов с использованием атомно-силовой микроскопии и определением фазового контраста поверхности в зависимости от давления.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлены основные закономерности изменения энергетических и адгезионных свойств поверхности глинистых частиц при активации глин высоким

давлением;

определены основные факторы, влияющие на изменение адгезионных свойств глин, модифицированных высоким давлением, к которым относятся толщина пленки связанной воды и фазовый контраст поверхности;

на основе многофакторного статистического анализа экспериментальных данных установлены и изучены закономерности формирования адгезионных свойств модифицированных глинистых грунтов в зависимости от комплексного влияния площади удельной поверхности минеральных частиц, толщины пленки связанной воды, шероховатости и фазового контраста поверхности;

доказано, что воздействие высокого давления на глинистые грунты вызывает изменения их физико-химических свойств.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

определены перспективы применения метода модификации глинистых грунтов высоким давлением, для получения требуемых физико-химических свойств;

разработаны теоретические основы для определения технологических параметров процесса улучшения энергетической активности глин, применяемых при инженерно-геологических изысканиях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

предлагаемый алгоритм исследования построен на фундаментальных основах грунтоведения и инженерной геологии, известных методах математического анализа, используемых для изучения физико-химических свойств грунтов природного происхождения, а также комплексном использовании материалов исследований, проводимых в процессе изучения свойств модифицированных глинистых грунтов;

корректно применены экспериментальные и аналитические методы, лабораторные исследования реализованы на сертифицированном оборудовании с использованием унифицированных методик исследований;

установлена достоверность предлагаемого алгоритма, что подтверждено высокой степенью сходимости прогнозируемых и экспериментально полученных данных, а также непротиворечивостью полученных результатов данным, опубликованным в открытой печати другими исследователями.

Личный вклад соискателя состоит: в изучении теоретических предпосылок по теме исследований; постановке задачи исследований и разработке методики их проведения; подготовке и проведении лабораторных экспериментов; в проведении исследований по изучению шероховатости, фазового контраста и сил адгезии на атомно-силовом микроскопе; участии в обработке результатов исследования с дальнейшим построением математических и графических моделей и формулировкой

научных обобщений; статистической обработке данных экспериментальных исследований и определении закономерностей изменений адгезионных свойств глин каолинового и монтмориллонитового составов, при воздействии на нее давлений в интервале 10–800 МПа; теоретической разработке математических моделей, позволяющих прогнозировать влияние значимых факторов на изменение адгезионных свойств глин; разработке рекомендаций по практическому применению полученных теоретических закономерностей; подготовке и опубликованию в научных изданиях результатов исследований.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Федорова Максима Вячеславовича «Закономерности формирования сил адгезии глин, модифицированных высоким давлением» представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, принятого Ученым советом ПНИПУ, протокол №3 от 25 ноября 2021 г.: в ней содержится решение научной задачи по изучению закономерностей формирования сил адгезии глинистых грунтов, модифицированных высоким давлением, имеющая важное значение для развития грунтоведения и инженерной геологии.

На заседании 28 декабря 2022 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.03.22 принял решение присудить **Федорову Максиму Вячеславовичу** ученую степень кандидата геолого-минералогических наук (протокол заседания № 6).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 14, против присуждения ученой степени – 0, не участвовали в голосовании – 0.

Председательствующий,
член диссертационного совета
Д ПНИПУ 03.22
д-р техн. наук,

Ученый секретарь
канд. геол.-мин.

Маковецкий Олег Александрович

член диссертационного совета Д ПНИПУ.03.22,

Алванья Карине Антоновна

«30» декабря 2022 г.