

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Морозова Андрея Васильевича на тему: «Взаимодействие компонентов в системе «загрязненный песчаный грунт – растение» при фитотестировании» по специальности 1.6.21. Геоэкология

Актуальность темы. Диссертационная работа Морозова А.В. посвящена исследованию особенностей взаимодействия компонентов и закономерностей функционирования системы «песчаный грунт-растение» при различных сценариях загрязнения с применением метода фитотестирования. Широкое распространение песчаных грунтов, особенно в районах нефтедобычи, определяет их высокую подверженность загрязнению. В связи с чем возникает необходимость экспрессной и комплексной оценки их экологического состояния. Современные подходы к оценке уровня загрязнения в различных системах требуют перехода к использованию методов биотестирования, которые позволяют оценить совокупный токсический эффект, оказываемый по отношению к живым организмам. Для грунтовых систем целесообразно применение высших растений, биологическая реакция которых, будет свидетельствовать о значимости уровня и состава загрязнения грунта. Однако, вполне очевидно, что взаимодействие компонентов в исследуемых системах, в совокупности, будет определять результаты оценки острой токсичности. Следовательно исследование закономерностей функционирования и особенностей процессов, происходящих в грунтовых системах, является научно и практически значимой задачей, решению которой посвящена данная диссертационная работа.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений. В основу работы положен комплексный методологический подход к исследованию как особенностей компонентов системы «загрязненный песчаный грунт – растение», так и закономерностей ее функционирования в ходе проведения фитотестирования. Достоверность полученных результатов и

научных выводов обеспечивается полнотой и представительностью фактического материала; применением современных методов эколого-геологических исследований; воспроизводимыми лабораторными экспериментами и контролем качества всех аналитических измерений. При этом выявленные реакции исследуемой системы и закономерности ее функционирования не вызывают противоречий.

Научная новизна работы заключается в выявлении особенностей физико-химических процессов, происходящих на поверхности песчаных зерен при взаимодействии с вносимыми загрязняющими веществами, и их влияния на итоговую биологическую реакцию горчицы белой и сорго сахарного. Также для выбранного репрезентативного набора песчаных грунтов определены значения биотических показателей: активностей ферментов и общей численности микроорганизмов, установлены закономерности их изменения при воздействии различных загрязнителей и в процессе фитотестирования. Автором обоснована и экспериментально подтверждена концепция синергетического взаимодействия углеводородного и солевого загрязнений в песчаной грунтовой системе.

Научная и практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что на основе проведенного анализа выявлено, что при оценке биологической значимости и степени токсического воздействия углеводородного и солевого загрязнения в песчаных грунтах, необходимо учитывать возможную нелинейную реакцию высших растений, которые одними из первых воспринимают и реагируют на поступление загрязнителя в систему. Также определенные закономерности взаимодействия углеводородного и солевого загрязнений и их биологическая значимость позволяют сделать вывод о необходимости диагностики в первую очередь солевого загрязнения нефтешламов для повышения эффективности рекультивационных мероприятий, особенно при реализации их биологического этапа.

Структура диссертации объемом 159 страниц включает введение, восемь глав, список литературы из 152 наименований и четыре приложения; текст содержит 61 рисунок и 8 таблиц. Структура работы выстроена логично, последовательность глав отражает главную цель, решение поставленных задач и формирование итоговых выводов. Содержание автореферата в полной мере соответствует основным положениям и результатам, представленным в диссертации.

В **первой главе** автор рассматривает особенности системы «загрязненный песчаный грунт – растение» с позиций системного подхода. В главе обоснована целесообразность применения метода экспериментального моделирования для исследования взаимодействия компонентов системы, выделены абиотическая и биотическая подсистемы, определены ключевые факторы, влияющие на ее функционирование.

Безусловно стоит отметить, что автор уделил значительное внимание научному обоснованию применения системного подхода и экспериментального моделирования для исследования многокомпонентной и динамичной грунтовой системы. Выбор основополагающей методики исследования осуществлен на основе анализа как фундаментальных положений системного подхода, так и на основе опыта современных научных исследований в области экологической геологии.

Во **второй главе** проанализировано распространение и характер загрязнения песчаных грунтов в пределах районов нефтедобычи, выявлено неотъемлемое сосуществование углеводородного и солевого загрязнений в грунтах территорий нефтепромыслов.

В качестве достоинства данной главы можно отметить, что автор рассматривает не только естественно сформированные, но и техногенные песчаные массивы, образующиеся при обустройстве площадок нефтепромыслов.

Третья глава посвящена анализу литературных данных об истории развития и перспективе применения методов биотестирования в целом, и

фитотестирования в частности. На основании чего обоснован выбор культур высших растений (горчицы белой и сорго сахарного) и аналитических параметров (всхожесть, длина корня и длина ростка) для исследования биологической значимости уровня и состав загрязнения песчаных грунтов.

Автором проанализировано большое количество как российских, так и зарубежных нормативных документов, регламентирующих проведение экотоксикологических исследований с применением высших растений, результатом чего является таблица 1. Также учтен опыт многих исследователей в данной области, в связи с чем обоснованность выбора культур высших растений для проведения фитотестирования не вызывает сомнений.

В **четвертой главе** приводится детальное теоретическое обоснование и экспериментальное исследование механизмов взаимодействия воды и компонентов используемых загрязняющих веществ: дизельного топлива (как углеводородного загрязнения) и раствора хлорида натрия (как солевого загрязнения) с поверхностью кварцевых зерен в песчаной грунтовой системе, показана роль коллоидных частиц аморфного кремнезема в определении интенсивности и характера этих взаимодействий. На основе результатов выполненного исследования было сформулировано *первое защищаемое положение*.

Стоит отметить как весьма положительный момент, что данная глава насыщена наглядными иллюстрациями взаимодействия загрязнителей с поверхностью кварца. Также приведенные теоретические построения основываются на результатах как анализа литературных источников, так и собственных экспериментальных исследованиях автора.

Пятая глава содержит характеристику объектов исследования: четырех типов песчаных грунтов, включая песок с территории действующего нефтяного месторождения; тест-культур высших растений (горчицы белой и сорго сахарного); загрязняющих веществ (дизельного топлива и раствора хлорида натрия). Значимую часть главы составляет детальная характеристика и описание состава и свойств исследуемых песчаных грунтов. Особе внимание

уделено исследованию поверхности зерен кварца с применением современных экспериментальных методов. При характеристике культур высших растений отдельно рассмотрены особенности их развития на ранних стадиях, что важно для анализа их биологической реакции по результатам фитотестирования по выбранной методике.

Полученные в ходе определения показателей биотических свойств исследуемых песчаных грунтов данные об уровнях ферментативных активностей: уреазы, дегидрогеназы и пероксидазы, а также общей численности микроорганизмов являются принципиально новыми экспериментальными данными и составляют основу *второго защищаемого положения*.

В **шестой главе** описана методика экспериментального исследования системы «загрязненный песчаный грунт – растение», включающая создание моделей загрязненного песчаного грунта, определение содержания подвижных форм кремнезема, оценку показателей биотических свойств песков: активностей ферментов (уреазы, дегидрогеназы, пероксидазы) и общей численности микроорганизмов, методика проведения фитотестирования.

В качестве безусловного достоинства можно отметить, что, опираясь на собственные исследования, автор делает принципиальный и обоснованный вывод о предпочтительном применении аппликатного варианта планшетного фитотестирования, при котором в качестве субстрата используется непосредственно сам грунт.

Седьмая глава содержит результаты экспериментальных исследований взаимодействия компонентов систем и их анализ, включая изменение влажностных характеристик, результаты фитотестирования и определения показателей биотических свойств загрязненных песчаных грунтов. Анализ результатов фитотестирования позволяет сделать автору некоторые основные выводы: солевое загрязнение приводит к возникновению биологически значимого токсического эффекта по отношению к культурам высших растений, соответственно снижая исследуемые биотические показатели; реакция растений на углеводородное загрязнение носит нелинейный характер, вплоть до

возникновения стимулирующего эффекта, аналогичным образом изменяется общая численность микроорганизмов; комбинированное загрязнение вызывает острый токсический эффект во всем ряду исследуемых концентраций.

В **восьмой главе**, обобщая результаты проведенного исследования, приведен анализ закономерностей функционирования системы «загрязненный песчаный грунт – растение» при фитотестировании. В качестве причин проявления выявленного острого токсического эффекта солевого загрязнения автор выделяет: реализацию осмотического стресса в отношении набухающих семян и нарушение структуры их защитной оболочки ввиду взаимодействия с ионом хлора. Описанный в главе 7 стимулирующий эффект в случае углеводородного загрязнения объясняется органической природой компонентов и их концентрацией соответствующей диапазону толерантности для тех или иных живых организмов. Ингибирующее воздействие дизельного топлива реализуется за счет различной эффективности закрепления углеводородов на поверхности кварцевых зерен. Комплексный анализ результатов экспериментальных исследований позволяет автору сделать вывод о реализации синергетического сценария взаимодействия используемых веществ-загрязнителей при сложном загрязнении песчаной грунтовой системы. Причем на основании изучения компонентного состава используемых вариантов дизельного топлива, выявлено изменение содержания некоторых фракций углеводородов при взаимодействии с раствором хлорида натрия.

Стоит отметить, что каждое ключевое положение отражено в оригинальных схемах, где наглядно проиллюстрированы закономерности функционирования системы «грунт-растение» при том или ином сценарии загрязнения. На основании результатов анализа закономерностей функционирования исследуемой системы автором было сформулировано *третье защищаемое положение*.

Представленная к защите работа отличается последовательностью изложения, большим количеством уместных и наглядных графических

материалов, аргументированностью, корректностью выводов и представительным фактическим материалом, положенным в основу.

Вместе с тем, при анализе работы возникли следующие **вопросы и замечания**:

1. Диссертационная работа посвящена исследованию системы, в которой взаимодействуют абиотические и биотические компоненты, однако, из области внимания автора пропал классический для экологической геологии термин «эколого-геологическая система» (ЭГС), который включает в себя как компонентный состав объекта исследования, так и взаимодействие системы с различными внешними воздействиями. В связи с этим видится более целесообразным использование термина ЭГС.

2. В разделе 4.1 автор утверждает, что аморфный кремнезем по своим уникальным свойствам схож с водой. Не ясно, о каких уникальных свойствах в данном случае идет речь, так как структура воды значительно отличается от структуры аморфного кремнезема. Дальнейшее утверждение, что именно аналогия свойств воды и исследуемого соединения является основой неких физических и физико-химических преобразований в системе, не имеет подтверждения в данной работе. Сноска на собственную статью (Григорьева, И. Ю. Физико-химические процессы, происходящие на поверхности кварцевого песка при внесении загрязнения, и их влияние на результаты фитотестирования / И. Ю. Григорьева, А. В. Морозов, М. А. Гладченко // Грунтоведение. – 2022. – № 2(19). – С. 27-39.) не разъясняет данного утверждения.

3. В разделе 4.3 при анализе загрязнения песчаных грунтов дизельным топливом вводится допущение относительно плотного размещения сферических молекул по поверхности кварцевых зерен на расстоянии равном площади сечения молекул. На чем обосновывается данное допущение, положенное автором в основу дальнейших выводов. Опыт исследования в данном направлении показывает, что характер покрытия частиц песка дизельным топливом зависит от морфологии частиц, крупности и пористости песка.

4. В главе 5 при характеристике объектов исследования позиционируется применение в экспериментальном исследовании песчаных грунтов, однородных по своему гранулометрическому составу, Однако прилагаемые снимки демонстрируют разнородные пески с разной степенью окатанности.

5. В главе характеристики объектов исследования приведены значения содержания аморфного кремнезема в исследуемых песчаных грунтах. Однако ни в тексте данной главы, ни в главе 4, посвященной описанию взаимодействия поверхности кварцевых зерен с загрязнителями (которая завершается защищаемым положением), не приведены сведения о содержании аморфного кремнезема в других типах дисперсных грунтов или почвах, в связи с чем сравнить и оценить значимость экспериментально определенного содержания не представляется возможным.

6. На представленных в главе 8 изображениях (рисунки 57, 58, 60), отражающих функционирование исследуемой системы «загрязненный песчаный грунт – растение» при различных вариантах загрязнения, не везде одинаково представлены составляющие биотической компоненты: так на рисунке 57 отсутствует изображение сообществ микроорганизмов, хотя на других схемах они есть. Также масштабные соотношения объектов в различных частях схем не одинаковы, на рисунке 60 размер семени сорго меняется от сопоставимого с размерами песчаных частиц до превосходящего их.

Указанные выше замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.21. Геоэкология (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, определенным

пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой

степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Морозов Андрей Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук, профессор
заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной и экологической геологии
геологический факультет
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Косинова Ирина Ивановна

29.01.2026

Контактные данные:

тел.: +

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
25.00.36. Геоэкология

Адрес места работы:

394018, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1,
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», геологический
факультет
Тел.: +7 (495) 939-36-22;

Подпись сотрудника ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
геологический факультет
И.И. Косиновой удостоверяю: