

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Михедовой Елизаветы Евгеньевны на тему: «Экологическая оценка метода сорбционной биоремедиации нефтезагрязненных минеральных почв Западной Сибири», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Актуальность темы диссертационного исследования. В настоящее время основной территорией, на которой продолжается интенсивная эксплуатация и разработка нефтяных месторождений в России, является север Западной Сибири. Несовершенство технологий разведки, добычи, транспортировки и переработки нефти приводит к возникновению негативных воздействий на природные экосистемы и их компонента – почвы. Одним из основных видов негативного техногенного воздействия являются нефтяные загрязнения, возникающие в результате аварийных ситуаций на объектах добычи, переработки и транспортировки нефти. Для разработки мероприятий по ликвидации нефтяных загрязнений в настоящее время проведено достаточно много научных исследований в различных регионах России и Мира, разработан и применяется на практике широкий спектр технологий рекультивации, реабилитации, ремедиации нефтезагрязненных земель. Основным способом очистки от нефтезагрязнений остается биоремедиация с использованием различных биопрепаратов, мелиорантов и сорбентов. Это связано с тем, что приёмы биоремедиации позволяют ускорить естественные процессы деструкции загрязняющих веществ путем оптимизации условий функционирования почв, биоты, в том числе и аборигенной микрофлоры. В связи с этим актуальность данной работы обусловлена получением новой, конкретной информации по исследованию механизмов действия сорбентов натурального происхождения и по оценке эффективности различных методов биоремедиации минеральных почв Западной Сибири.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Обоснованность научных результатов обеспечена корректностью выбранных почвенно-экологических и аналитических методов для выполнения исследований, репрезентативностью полученных результатов, достаточным объемом полученных фактических данных. Сформулированные в диссертации выводы и рекомендации базируются на обобщении последних достижений в области восстановления загрязненных почв

с использованием методов биоремедиации и на собственных результатах полученных, при проведении модельных и полевых опытов.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Научная новизна данной работы заключается в детальном исследовании механизмов влияния сорбентов натурального происхождения (углеродистых, органических и минеральных) на изменение концентрации основных нефтяных загрязнителей в почве и ее интегральной токсичности, а также в определении и обосновании наилучших форм и доз применения этих сорбентов. Для повышения эффективности технологий реабилитации загрязненных почв предложен композитный сорбент на основе торфа верхового, гранулированного активированного угля и диатомита, который наиболее эффективно влияет на скорость процесса биоремедиации сильно загрязненных нефтью минеральных почв Западной Сибири за счет снижения их токсичности. Проведенные исследования показали высокую эффективность метода сорбционной биоремедиации *insitu*, который основан на дополнительном внесении натуральных сорбентов, способствующих снижению биотоксичности почв вследствие частичной сорбции компонентов нефти и токсичных продуктов их трансформации. Достоверность полученных результатов обеспечивает большой массив фактических данных, обработанных статистическими методами с использованием программ EXEL и SIGMAPLOT. Усредненные данные с каждого опытного варианта с сорбентами, сравнивали с контрольным уровнем (без сорбента) с помощью теста Стьюдента и программы STATISTICA 10.

Представленная к защите диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы, списка сокращений и приложений. Работа изложена на 134 страницах машинописного текста, содержит 8 таблиц и 26 рисунков. Список литературы включает 204 источника, в том числе 103 на английском языке.

Основной целью диссертационного исследования Михедовой Елизаветы Евгеньевны являлось изучение механизмов положительного влияния сорбентов натурального происхождения на изменение интегральной токсичности почв и достижение допустимого уровня концентрации нефтяных загрязнителей в трех типах умеренно и сильно загрязненных сырой нефтью минеральных почв Западной Сибири и разработка метода сорбционной биоремедиации для ликвидации последствий аварийных разливов нефти на поверхности минеральных почв нефтедобывающих регионов Западной Сибири. Для

достижения поставленной цели были проведены комплексные почвенно-экологические исследования в условиях вегетационного эксперимента с глеево-подзолистой почвой, искусственно загрязненной умеренными дозами нефти, и изучение влияния сорбентов натурального происхождения на изменение концентрации основных нефтяных загрязнителей в почве и ее интегральной токсичности с целью выявления наилучших форм и доз сорбентов. Также были проведены опыты микроделяночные с подзолом иллювиально-железистым и полевые на литостратес умеренным и высоким уровнем загрязнения нефтью.

В работе проведен анализ имеющихся литературных данных по экологическим проблемам, возникающим при добыче, транспортировке и переработке нефти в России и в основных нефтегазодобывающих районах Западной Сибири. При этом приводятся данные по составу и свойствам нефти, по предельно допустимым концентрациям нефти в почвах, а также показаны основные негативные последствия, связанные с нарушением почвенного и растительного покрова в районах разработки углеводородов. В обзоре представлена информация по методам ремедиации и основным материалам, сорбентам, которые используются для снижения загрязнения почв нефтью. Сформулированы выводы об эффективности основных методов очистки почв от нефтезагрязнений.

Для выполнения работы автором использованы традиционные, классические методы исследований, такие как, полевые и вегетационные опыты и эксперименты, современные аналитические методы ИК-спектроскопии, а также методы биотестирования для определения интегральной токсичности почвы.

Представленные материалы по результатам исследований показывают, что автором проделана большая экспериментальная и аналитическая работа, и получен достаточно большой фактический материал по применению различных групп сорбентов и их комбинаций для очистки почв при умеренном и высоком уровне нефтяного загрязнения. Показана различная эффективность сорбентов по снижению нефтяного загрязнения, что объясняется различным уровнем влияния сорбентов на свойства почв и подвижность токсичных элементов нефти. При этом выявлен механизм повышенного действия композитных сорбентов, который объясняется снижением доступности токсичных компонентов нефти и их метаболитов вследствие обратимой сорбции этих токсикантов, а также за счет поддержания более высокой полевой влажности почвы, что сопровождается

повышенной численностью микроорганизмов-нефтедеструкторов по сравнению с контролем. Результаты вегетационных и микрополевых опытов, которые выполнялись на базе ИФХиБПП РАН были подтверждены и на экспериментальной площадке на территории ЛПДС «Западный Сургут» в условиях, приближенных к естественным, с загрязненным нефтью литостратом песчаным.

В результате выполненных экспериментальных и аналитических работ была показана низкая эффективность применения классического метода биоремедиации с помощью внесения только биопрепаратов для очистки минеральных почв Западной Сибири от нефти при ее исходной концентрации от 5 до 15%. При этом низкая эффективность этого метода обусловлена тем, что в ходе микробной деградации углеводородов нефти в почве накапливаются значительные количества водорастворимых токсичных продуктов окисления углеводородов, которые из-за низкой буферности минеральных почв и пониженного pH остаются легкодоступными почвенной биоте и растениям. Поэтому с целью повышения эффективности биоремедиационных мероприятий предложен метод сорбционной биоремедиации, основанный на дополнительном внесении натуральных сорбентов на основе активированного угля диатомита и торфа. Это позволяет создать условия для снижения содержания углеводородов и их окисленных производных, а также способствует формированию благоприятных условий для активации инокулированных микроорганизмов-нефтедеструкторов за счет сорбции токсичных метаболитов, улучшения увлажнения и поддержания кислотности в оптимальном интервале pH.

Таким образом проведенные исследования и полученные результаты соответствуют цели и задачам, поставленным в данной диссертационной работе. Диссертация выполнена соискателем самостоятельно, содержит новые научные результаты, что свидетельствует о его личном вкладе в науку. Результаты проведенного исследования опубликованы соискателем в 20 научных работах, включая 2 статьи в журналах, входящих в базы данных Scopus и/или Web of Science. Основные положения научной работы представлены на 20 научно-практических конференциях различного уровня.

Несмотря на общую положительную оценку работы, имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В третьем защищаемом положении - разработан композитный сорбент, повышающий скорость биоремедиации, за счет снижения токсичности,

поддержания благоприятной pH и влажности. Вопрос: это все делает сорбент, или те условия pH и влажности, о которых говорится в этом защищаемом положении, или удобрения и известь, которые также использовались в экспериментах?

2. В продолжение. В вариантах опытов везде присутствуют различные дозы аммофоски и доломитовой муки, при чем в некоторых случаях они вносились дробно, но об их влиянии на эффективность биоремедиации никак не говорится? На стр. 67 сказано: «Начало второго, более ускоренного, этапа разложения совпало с повторным внесением азофоски и доломитовой муки». Не совсем понятно - второй этап в любом случае наступает, или он спровоцирован дополнительным внесением азофоски и доломитовой муки?

3. В выполненной работе показано, что достижение показателей существующего регионального ПДК еще не гарантирует восстановление растительного покрова, так как остаются сильно токсичные продукты полураспада нефти. Тогда зачем придерживаться этих ПДК, или же необходимо предложить уровни, которые действительно не влияют на развитие растений?

4. Несомненным достоинством работы является проведение полевых опытов в приближенных к реальным условиям выполнения ремедиации в Западной Сибири. Однако в работе не четко сформулировано на сколько результаты вегетационных и микрополевых опытов в условиях ИФХиБПП РАН различаются от полевых опытов выполненных на территории ЛПДС «Западный Сургут»? Также нет особых различий между вегетационными и микрополевыми опытам. Может быть, было проще все сделать в сосудах?

5. В работе показано, что и в контрольном варианте происходит снижение содержания нефтепродуктов, иногда он статистически не отличается от вариантов с применением сорбентов. Различия начинают проявляться позже, когда накапливаются ОУВН, но и их содержание постепенно снижается. Поэтому можно ли считать, что эффективность композитных сорбентов заключается только в повышении скорости очистки почв от нефтезагрязнения?

6. Предложенный метод сорбционной биоремедиации показывает свою эффективность в вегетационных и полевых условиях, которые выполнялись вручную и на небольших площадях. На сколько он технологичен и возможно ли механизировать эти мероприятия и применять на больших площадях?

7. В работе проведены исследования различных вариантов применения различных сорбентов, азофоски, доломитовой муки, показана различная их

эффективность. Однако в современных условиях многие восстановительные мероприятия выбираются в том числе и по стоимости их выполнения. Необходимо было бы хоть приблизительно просчитать или сделать предположение об экономической составляющей сорбционного метода биоремедиации.

8. К сожалению, в диссертации и автореферате встречаются неточности и опечатки, например, в диссертации 134 стр., а в автореферате и диссертации сказано – 130 стр., не все сокращения приведены в списке сокращений.

Общее заключение. Несмотря на указанные замечания, следует отметить, что диссертационная работа на тему: «Экологическая оценка метода сорбционной биоремедиации нефтезагрязненных минеральных почв Западной Сибири» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ЮФУ» (№270-ОД от 29.09.2023 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Михедова Елизавета Евгеньевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Официальный оппонент:

Доктор биологических наук (специальность 03.00.27 – Почвоведение).

Директор федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН (ИПА СО РАН)».

Адрес места работы: 630090, Россия, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2. Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ИПА СО РАН)

Тел: +7 (383) 363-90-25, +7(903) 997-82-10; e-mail: androhanov@issa-siberia.ru

05 ноября 2023 г.



Андроханов Владимир Алексеевич



Андроханов В.А.
Специалист ОК
[Handwritten signature]