

УДК 602.3:579.8

ХАРЛАНОВ Н.В., магистрант группы ЭКОМ-2 (ВолгГТУ)
Научные руководители: КОЛОТОВА О.В., к.т.н., доцент (ВолгГТУ),
МОГИЛЕВСКАЯ И.В., к.б.н. (ФНЦ Агроэкологии РАН)
г. Волгоград

БИОСОРБЕНТЫ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗАГРЯЗНЁННЫХ ПОЧВ

К наиболее распространённым и опасным видам загрязнения земельных угодий сегодня можно отнести загрязнения нефтяными углеводородами и пестицидными препаратами, многие из которых являются высокотоксичными и создают угрозу здоровью людей и биологическому разнообразию. Накопление указанных загрязнителей в почве может приводить к следующим негативным экологическим последствиям: нарушение экологического равновесия в почвенном биоценозе с изменением морфологических, физико-химических и химических характеристик почвенных горизонтов; снижение способности почв к самоочищению и самовосстановлению; деградация растительного покрова и депрессия функциональной активности флоры и фауны; изменение структуры почвы, уменьшение ее аэрируемости и дренажа; выведение почв из сельскохозяйственного оборота вследствие снижения их продуктивности и пр.

Биотехнологические методы рекультивации загрязнённых почв активно разрабатываются исследователями. Однако специфичность почвенной микрофлоры и её реакций на применение конкретных препаратов требует детального изучения с целью подбора активных микробных штаммов и условий их применения для достижения высокой эффективности. Перспективным направлением в области рекультивации почв является применение биосорбентов на основе природных материалов, не требующих сбора после очистки. Такими биосорбентами могут являться препараты на основе глауконита и целлюлозных отходов растениеводства (лузги подсолнечника) с иммобилизованными на них бактериальными деструкторами нефтяных углеводородов и действующих веществ пестицидов. Внесение подобных биопрепаратов в загрязнённую почву позволит эффективно утилизировать токсиканты посредством микробного компонента препарата, сорбировать остаточные количества химикатов и продукты метаболизма микроорганизмов посредством матрицы-сорбента и улучшить структурные характеристики почвы за счет вносимых природных материалов.

Исходя из вышесказанного, целью настоящего исследования стала разработка методик иммобилизации бактериальных деструкторов нефтяных углеводородов и действующих веществ пестицидных препаратов на матрицы из глауконита и подготовленной лузги подсолнечника с целью получения биосорбентов. Применяемые в экспериментальном исследова-

нии штаммы-деструкторы были выделены из природных объектов и сохранены в музейной коллекции лаборатории биотехнологии Волгоградского государственного технического университета.

Для получения биосорбентов на основе нефтеокисляющих микроорганизмов применяли бактериальные штаммы, выделенные из образцов донных отложений Северного Каспия, отобранных в непосредственной близости от функционирующих скважин. Выделение и оценка деструктивного потенциала полученных бактериальных штаммов описаны в [1,2]. В качестве матрицы для иммобилизации микроорганизмов применялась лузга подсолнечника. Лузгу измельчали, классифицировали на виброситах и отбирали фракцию с диаметром частиц менее 0,1 мм. Измельченный материал стерилизовали в сухожаровом шкафу при температуре 160°C в течение 1 ч.

Иммобилизацию нефтеокисляющего штамма ВГТУ-02 на подготовленную лузгу осуществляли методом статической адсорбции путем перемешивания 30 мл взвеси микроорганизмов, приготовленной по стандарту мутности на 10 ед. в фосфатном буфере (рН=7) и 1 г носителя на магнитной мешалке при скорости 100 об./мин и температуре 30 °С. Для приготовления микробной взвеси использовали суточную культуру микроорганизмов, выращенных на скошенном агаре. Полученный биосорбент отделяли от культуральной жидкости центрифугированием на скорости 1000 об/мин в течение 10 минут.

Исходную концентрацию микроорганизмов во взвеси определяли высевом на чашки Петри с МПА. По истечении времени перемешивания производили отстаивание для осаждения частиц носителя и высева надосадочной культуральной жидкости на МПА для определения остаточной концентрации микроорганизмов в суспензии. Количество иммобилизованных бактериальных клеток определяли по разнице их концентраций в исходной суспензии и суспензии после отделения сорбента.

В описанных условиях эффективность иммобилизации составила 81,73 %.

Перспективным материалом в качестве матрицы является минерал глауконит, представляющий собой минерал океанического происхождения, слоистый алюмосиликат, из группы гидрослюд. Химическая формула: $(K,Na,Ca)(Fe^{3+},Al,Mg,Fe^{2+})_2[(Al,Si)Si_3O_{10}](OH)_2$. Уникальность этого минерала заключается в его высоких ионообменных, буферных и сорбционных свойствах. В эксперименте использовали измельченный и простерилизованный материал – глауконитовую муку «Белозёрского» месторождения Саратовской области (размер частиц менее 0,1 мм).

При иммобилизации на глауконитовую муку ассоциации из двух штаммов-нефтедеструкторов УВ-2 и ВГТУ-02, показавшей высокую эффективность утилизации нефти [3], коэффициент иммобилизации для УВ-2

составил 76 %, для ВГТУ-02 – 58 %. Условия проведения иммобилизации были аналогичны описанным для лузги подсолнечника.

Разработанная методика иммобилизации была применена и для бактериального штамма деструктора действующих веществ пестицидных препаратов из классов стробилуринов и триазолов. Штамм *Bacillus thuringiensis* был выделен на селективной среде, содержащей в качестве единственного источника углерода действующие вещества фунгицидов [4]. Методом селективного отбора была получена чистая линия *Bacillus thuringiensis*, способная к росту на средах, содержащих стробилурины и триазолы в концентрациях, соответствующих 100 ОДК для почвы. Коэффициент иммобилизации *Bacillus thuringiensis* на глауконитовую муку составил 86,3 %.

Таким образом, в ходе исследований были разработаны методики иммобилизации на природные носители – подсолнечную лузгу и глауконитовую муку – бактериальных штаммов деструкторов приоритетных загрязнителей почв – нефтепродуктов и компонентов пестицидов. В лабораторных условиях были определены условия эффективной иммобилизации микроорганизмов, подобраны матрицы и активные штаммы для получения биосорбентов, применение которых перспективно для рекультивации загрязнённых почв.

Список литературы:

1. Разработка биосорбента на основе отходов растениеводства для очистки сточных вод от нефтепродуктов / О.В. Колотова, И.В. Соколова, И.В. Владимцева, К.Е. Заикина, А.О. Павлова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Прикладная экология. Урбанистика. - 2018. - № 4 (32). - С. 58-71.
2. Biosorbents for oil-containing wastewater treatment / О.В. Колотова, И.В. Могилевская, И.В. Владимцева, Т.Д. Арзамасова, В.А. Кузнецова // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Том 421 : 2-я международная научная конференция «АГРОТЕХ-II-2019: Агробизнес, экологическая инженерия и биотехнологии " (Красноярск, Россия, 13-14 ноября 2019 г.). - [IOP Publishing], 2020. – 6 с. – URL : <https://iopscience.iop.org/volume/1755-1315/421/6/062044>.
3. Колотова, О.В. Выделение, отбор и применение углеводородокисляющих микроорганизмов для очистки сточных вод и нефтезагрязнённых грунтов (Isolation, screening and application of hydrocarbon-oxidizing microorganisms for wastewater treatment and oil-contaminated soils) / О.В. Колотова, И.В. Могилевская, И.В. Владимцева // Известия Тульского государственного университета. Серия «Науки о Земле» : сб. - 2020. - Вып. 1 : Первая Всероссийская научно-практическая конференция «Золото. Полиметаллы. XXI век». - С. 79-92.

4. Obtaining effective biodestructors of fungicidal drugs for environmental agrobiocenoses' maintenance sustainability / О.В. Колотова, И.В. Могилевская, Е.Э. Нефедьева, В.Ф. Желтобрюхов // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Вып. 981: VI Международная научная конференция по перспективным агротехнологиям, экологической инженерии и устойчивому развитию (АГРОТЕХ-VI - 2021) (Красноярск, Россия, 17-19 ноября 2021 г.) / Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Сибирский научный центр ДНИТ, Красноярский государственный аграрный университет, Поволжский научный центр Институт производства и переработки мясомолочной продукции [и др.]. - [Издательство ИОП], 2022. - 7 с.-DOI: 10.1088/1755-1315/981/3/032082.