

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Клещенок С.Е., Подавальный Д.С., Булгаков Е.Е.
научный руководитель канд. техн. наук Кайзер Ю.Ф.
Сибирский федеральный университет

Нефтяное загрязнение отличается от многих других антропогенных воздействий тем, что оно дает не постепенную, а, как правило, «залповую» нагрузку на среду, вызывая быструю ответную реакцию. При оценке последствий такого загрязнения не всегда можно сказать, вернется ли экосистема к устойчивому состоянию или будет необратимо деградировать. Во всех мероприятиях, связанных с ликвидацией последствий загрязнения, с восстановлением нарушенных земель, необходимо исходить из главного принципа: не нанести экосистеме больший вред, чем тот, который уже нанесен при загрязнении. Суть восстановления загрязненных экосистем – максимальная мобилизация внутренних ресурсов экосистемы на восстановление своих первоначальных функций. Самовосстановление и рекультивация представляют собой неразрывный биогеохимический процесс.

Естественное самоочищение природных объектов от нефтяного загрязнения – длительный процесс, особенно в условиях Сибири, где долгое время сохраняется пониженный температурный режим. В связи с этим, разработка способов очистки почвы от загрязнения углеводородами нефти – одна из важнейших задач при решении проблемы снижения антропогенного воздействия на окружающую среду.

Рекультивация земель – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель. Задача рекультивации – снизить содержание нефтепродуктов и находящихся с ними других токсичных веществ до безопасного уровня, восстановить продуктивность земель, утерянную в результате загрязнения.

В настоящее время разработан ряд методов ликвидации нефтяных загрязнений почвы, включающие физико-химические, биологические и механические методы.

До недавнего времени наиболее распространенным и дешевым методом ликвидации нефтяного загрязнения было простое сжигание. Этот способ неэффективен и вреден по двум причинам: 1) сжигание возможно, если нефть лежит на поверхности густым слоем или собрана в накопители, пропитанные ею почва или грунт гореть не будут; 2) на месте сожженных нефтепродуктов продуктивность почв, как правило, не восстанавливается, а среди продуктов сгорания, остающихся на месте или рассеянных в окружающей среде, появляется много токсичных, в частности канцерогенных веществ.

Очистка почв и грунтов в специальных установках путем пиролиза или экстракции паром дорогостояща и малоэффективна для больших объемов грунта. Требуются большие земляные работы, в результате чего нарушается естественный ландшафт, а после термической обработки в очищенной почве могут остаться новообразованные полициклические ароматические углеводороды – источник канцерогенной опасности.

Землевание замедляет процессы разложения нефтяных углеводородов, приводит к образованию внутрпочвенных потоков нефти, пластовой жидкости и загрязнению грунтовых вод. Складирование загрязненной почвы создает очаги вторичного загрязнения.

Качественное удаление нефтяных загрязнителей при высоких уровнях загрязнения зачастую не обходится без применения различного рода сорбентов. Среди

возможного сырья для производства сорбентов наиболее привлекательными являются естественное органическое сырье и отходы производства растительного происхождения. К такому сырью относятся торф, сапропели, отходы переработки сельскохозяйственных культур и др. На базе такого сырья разработаны, например, такие сорбенты, как «Сорбест», «РС», «Лессорб» и др. Этим способом можно удалить до 86 % нефти и нефтепродуктов. Применять его в широких масштабах вряд ли целесообразно, так как поверхностно-активные вещества сами загрязняют среду и появится проблема их сбора и утилизации.

В зарубежной и российской практике восстановления нефтезагрязненных почв технические технологии рекультивации классифицированы по категориям *ex situ* и *in situ*.

Технологии *ex situ* используются для обработки загрязненной почвы, предварительно удаленной с поверхности выделенного участка земли. Изоляция и обработка загрязненных материалов вне участка позволяют применять особо сложные приемы обработки, которые могут быть более эффективными и быстродействующими, а также более безопасными для грунтовых вод, животного и растительного мира и местных жителей.

Технология *ex situ* предусматривает обработку привезенных с участка разлива грунтов на специально оборудованных площадках. Вывозка загрязненного грунта позволит быстро ликвидировать загрязнение. После снятия слоя грунта на торфяниках вносятся минеральные удобрения, а на минеральных грунтах вносят дополнительно органические удобрения. Грунт, очищенный от нефти, для возврата на восстановленные участки должен иметь остаточное содержание нефти ниже установленного ОДК нефти.

Технологии *in situ* имеют преимущество вследствие непосредственного применения их на месте загрязнения. Выбор и применение технологий *in situ* могут быть сделаны только на основании полученных данных о качестве обрабатываемой поверхности почвы. Кроме того, может потребоваться специализированная очистка загрязненной зоны. При неблагоприятных окружающих условиях могут также возникнуть сложности по отношению к устойчивым загрязняющим веществам.

Технологии *in situ* используют биологические, механические и физико-химические методы. Наиболее перспективными считаются биологические методы.

Наилучшие результаты отмечаются при комплексном методе рекультивации загрязненных почв с использованием агротехнологий с внесением минеральных удобрений и высевом трав мелиорантов. Это технология направлена на активизацию аборигенной нефтеокисляющей почвенной микрофлоры и не требует значительных материальных затрат.

Для фито рекультивации нефтезагрязненных земель используются наиболее доступные семена однолетних и многолетних трав, обладающих развитой корневой системой, повышенной устойчивостью к нефтяному загрязнению почвы, адаптированные к местным условиям.

Биологическая рекультивация - этап рекультивации земель, включающий мероприятия по восстановлению их плодородия, осуществляемый после технической рекультивации. Принято различать в биологическом этапе восстановления земель два направления. Первое - это активизация разложения нефти в почве (восстановление почвы), второе - восстановление растительного покрова. Выбор направления зависит от исходного состояния почвы после технической рекультивации.

Когда дальнейшее проведение технической уборки уже не дает должного эффекта и может стать причиной уничтожения легкоуязвимых почв, тогда активизация микробиологического разложения нефти в почве (биоремедиация) остается

единственно возможной мерой для ее доочистки. Под термином биоремедиация принято понимать применение технологий и устройств, предназначенных для биологической очистки почв и водоемов, т. е. для удаления из почвы и воды уже находившихся в них загрязнителей.

Самоочищение и самовосстановление почвенных экосистем, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, - это стадийный биогеохимический процесс трансформации загрязняющих веществ, сопряженный со стадийным процессом восстановления биоценоза. Для разных природных зон длительность отдельных стадий этих процессов различна, что связано в основном с почвенно-климатическими условиями.

Механизм самовосстановления экосистемы после нефтяного загрязнения достаточно сложен. С помощью агротехнических приемов можно ускорить процесс самоочищения нефтезагрязненных почв путем создания оптимальных условий для проявления потенциальной активности микроорганизмов, входящих в состав естественного микробиоценоза.

Одним из основных факторов, лимитирующих процесс разложения углеводов, является газо-воздушный режим загрязненной почвы. Нефтяное загрязнение ухудшает газовый обмен почвы, создает условия для усиления восстановительных процессов.

Обработка является мощным регулирующим фактором, стимулирующим самоочистку нефтезагрязненных почв. Она положительно влияет на микробиологическую и ферментативную активность, так как способствует улучшению условий жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, которые количественно и по интенсивности метаболизма доминируют в почвах и являются основными деструкторами углеводов. Обработка почвы создает мощный биологически активный слой с улучшенными агрофизическими свойствами. В почве при этом создается оптимальный водный, газо-воздушный и тепловой режим, растет численность микроорганизмов и их активность, усиливается активность почвенных ферментов, увеличивается энергия биохимических процессов.

Обеспеченность почв биогенными элементами - азотом, фосфором и калием - важный фактор, определяющий интенсивность разложения нефти и нефтепродуктов. Недостаток биогенных элементов необходимо восполнять путем внесения в почву минеральных удобрений. Практически во всех случаях внесение биогенных элементов в виде минеральных удобрений стимулирует разложение углеводов в почве. Наиболее интенсивно разложение углеводов протекает при ежегодном внесении комплекса N, P, K – содержащих удобрений в сочетании с навозом, а также при внесении в почву биогумуса.

Температура - важный фактор, при прочих равных условиях определяющий интенсивность микробиологического разложения нефти и нефтепродуктов. Оптимальной температурой для разложения нефти и нефтепродуктов в почве считается 20-37 °С.

Поддержание почвы во влажном состоянии является одним из агротехнических приемов управления биологической активностью и оказывает эффективное воздействие на темпы разложения нефти и нефтепродуктов. Благоприятный водный режим почвы достигается путем полива. Улучшение водного режима путем полива обуславливает улучшение агрохимических свойств почв, в частности влияет на подвижность питательных веществ, микробиологическую деятельность и активность биологических процессов.

Кислотность почвы играет важную роль в разложении нефти и нефтепродуктов. Значения pH, близкие к нейтральным, являются оптимальными для роста на

углеводородах большинства бактериальных микроорганизмов. В подзолистых почвах с кислой реакцией этот фактор имеет решающее значение при разложении нефти и нефтепродуктов. Поэтому, для создания рН, оптимального для их биоразложения, кислые почвы подвергают известкованию.

Посев на нефтезагрязненную почву люцерны и других бобовых культур, трав с разветвленной корневой системой способствует ускорению разложения углеводородов. Положительное воздействие посевов сельскохозяйственных растений, и в частности многолетних трав, объясняется тем, что своей развитой корневой системой они способствуют улучшению газо-воздушного режима загрязненной почвы, обогащают почву азотом и биологически активными соединениями, выделяемыми корневой системой в почву в процессе жизнедеятельности растений. Все это стимулирует рост микроорганизмов и соответственно интенсифицирует разложение нефти и нефтепродуктов.

Однако необходимо отметить, что природные аборигенные микроорганизмы обладают ограниченной нефтеокисляющей активностью, несмотря на более высокую устойчивость к воздействию факторов внешней среды. Поэтому возможным перспективным решением является разработка новых, не существующих в природе видов микроорганизмов. Эти новые виды, обладающие как минимум на порядок более высокой нефтеокисляющей активностью, должны создаваться обязательно с искусственным ограничением срока жизни с целью предотвращения биогенной катастрофы.

Единственным реальным в настоящее время способом борьбы с последствиями разлива нефти и нефтепродуктов является комплекс работ, включающий механическое или физико-химическое удаление разлитых нефтепродуктов с последующей очисткой остающейся в почве нефти биологическими методами при помощи биодеструкции нефтеокисляющими микроорганизмами.

В тоже время, существующие в настоящее время в России препараты оказываются недостаточно эффективными в различных экстремальных почвенно-климатических условиях различных регионов России, в связи с чем для ликвидации масштабных последствий разливов нефти в настоящее время необходим активный поиск и выделение аборигенных штаммов и разработка новых препаратов.

Разработаны и активно внедряются большое количество коммерческих микробиологических препаратов иностранного и отечественного производства, таких как «Дестройл», «Путидойл», «Деворойл» и др. Однако в природных условиях биодegradация протекает под воздействием всего комплекса почвенной биоты, неотъемлемой частью которой являются и дождевые черви. В связи с этим можно было предположить, что вермикультура окажется перспективной и для интенсификации переработки нефтезагрязненных материалов. Комплекс биодеструкторов, состоящий из представителей двух трофических уровней - ассоциации нефти разрушающих микроорганизмов - "Дестройл" и дождевых червей, более эффективно элиминирует нефть из нефтезагрязненных почв и снижает фито токсичность образцов, чем в случае их раздельного внесения.

Проблема нефтяного загрязнения почв в настоящее время в нашей стране практически не решается. Работы по очистке нефтяных загрязнений с использованием микроорганизмов не координируются, их научный и технологический уровень невысокий. Таким образом, проблема загрязнения нефтью и нефтепродуктами почв Российской Федерации стоит в настоящее время как никогда остро и для поиска путей разрешения всех ее аспектов необходима координируемая концентрация усилий всех заинтересованных правительственных, научных и производственных организаций.