

Ганеев И.Г., Кулагин А.А.

Филиал ФГУ ВНИИЛМ Татарская лесная опытная станция, г. Казань  
Институт биологии УНЦ РАН, г. Уфа

## РЕМЕДИАЦИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕХНОГЕННО ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

**Материалы статьи содержат сведения о понятии и особенностях негативного влияния на почвы. Обсуждаются возможные пути предотвращения негативного влияния хозяйственной деятельности человека на почвенный покров.**

**Ключевые слова:** почвы, ремедиация, рекультивация, техногенез.

Негативное антропогенное (техногенное) воздействие на почвы, которое является одной из острейших проблем современного общества, можно подразделить на:

**деградацию почв** – устойчивое негативное изменение состава, строения и свойств почв, включая частичное или полное разрушение почв, в результате хозяйственной и иной деятельности, а также воздействие иных факторов природного и техногенного характера, приводящее к ухудшению или утрате способности почв выполнять свои функции. Крайней степенью деградации является уничтожение почвенного покрова.

**загрязнение почв** – поступление и накопление в почвах химических, радиоактивных, биологических веществ и микроорганизмов, а также отходов производства и потребления в количествах, которые могут представлять или представляют угрозу здоровью и жизни человека, животных и растений, жизнедеятельности почвенных организмов, приводящее к ухудшению или утрате способности почв выполнять свои функции. Большая часть техногенных вредных веществ (ВВ) аккумулируется в почвах, создавая очаги высокой концентрации и являясь источником загрязнения для сопредельных сред. Наибольшую опасность представляют мобильные формы экотоксикантов, которые характеризуются высокой биохимической активностью, способностью к миграции и поступлению в пищевые цепи. Определение наличия и уровня содержания экотоксикантов в почве (грунте) дает необходимую и достаточную информацию о состоянии экотоксикантов, а также о физико-механическом состоянии и физико-химических свойствах почв и грунтов, как депонирующей среды, через посредство которой может осуществляться прямое или косвенное воздействие экотоксикантов на живые организмы. В свою очередь состояние экотоксикантов, а также свойства

и состояние почв и грунтов определяют соответствующие мероприятия по санации загрязненных и нарушенных территорий.

Для преодоления негативного антропогенного воздействия на почво-грунты и экосистемы антропогенных ландшафтов используют метод рекультивации.

**Рекультивация земель** – комплекс инженерных и санитарно-гигиенических мероприятий, предусматривающих улучшение, восстановление свойств грунтов в целях исключения физического и химического негативного воздействия на окружающую природную среду. Рекультивация нарушенных земель осуществляется в соответствии с требованиями ряда документов, в том числе: ГОСТ 17.5.3.04-83 «Рекультивация земель. Общие требования к рекультивации земель», ГОСТ 17.5.3.05-84 «Рекультивация земель. Общие требования к землеванию». Рекультивационные работы проводятся в два этапа: технический и биологический. Технический этап рекультивации представляет собой изучение инженерно-экологических характеристик объекта рекультивации, строительство дорог и гидротехнических сооружений, планировку местности, разработку, транспортировку и нанесение технологических слоев, применение специальных химических веществ (химическая ремедиация) и т. д. Биологический этап рекультивации представляет собой комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий. Рекультивация земель может проводиться по нескольким направлениям: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, водохозяйственное, рекреационное, строительное, природоохранное и санитарно-гигиеническое. Выбранное направление определяет дальнейшее использование восстановленных земель.

Работы по ремедиации и рекультивации загрязненных и нарушенных земель могут вы-

полнятся любыми физическими и юридическими лицами, имеющими соответствующее оборудование и технику, а также персонал по их обслуживанию (механизаторы, водители).

Материалы, применяемые при производстве работ, должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и технических условий.

Учет обрабатываемых почв и грунтов ведется как по объему, так и по площади на месте ремедиации и рекультивации. Отметка об обработанном количестве почв и грунтов, а также о площади рекультивируемых земель производится в «Журнале регистрации».

Основным документом планирования работ является график, составляемый на период проведения работ. Организация работ на загрязненных и нарушенных территориях определяется календарным планом рекультивационных работ, разрабатываемым на основе технологического регламента по рекультивации земель.

При проведении работ по ремедиации и рекультивации загрязненных и нарушенных земель осуществляется экологический мониторинг с составлением актов отбора проб и протоколов инструментальных испытаний образцов.

Рекультивируемые земли и прилегающая к ним территория после завершения всего комплекса работ должны представлять собой оптимально организованный и экологически сбалансированный устойчивый ландшафт.

Организация работ на территории должна обеспечивать охрану окружающей среды, максимальную производительность средств механизации и технику безопасности.

Поскольку полностью предотвратить загрязнение и деградацию окружающей среды невозможно, постольку объективной необходимостью является создание и освоение эффективных технологий ремедиации и рекультивации почв и земель. Основой рационального подхода к этому является максимальное использование природных процессов самоочистки и самовосстановления в условиях их интенсификации уже проверенными приемами и природосовместимыми веществами.

В связи с этим важнейшим элементом успешного решения проблемы детоксикации и восстановления плодородия почв является разработка, освоение и широкое применение новых эффективных технологий, основанных на ис-

пользовании препаратов содержащих гуминовые кислоты и их соли.

Применение для ремедиации и рекультивации нарушенных и загрязненных земель указанных препаратов позволяет максимально задействовать и использовать все существующие природные механизмы самоочистки. Внесение препаратов способствует снижению токсичности экотоксикантов, ускорению процессов биохимического разложения органических токсикантов и восстановлению плодородия почв и растительного покрова на загрязненных и нарушенных территориях.

Разработанные технологии ремедиации и рекультивации техногенно деградированных земель, повышение плодородия бедных и истощенных почв заключаются в смешении рекомендуемых реагентов с обрабатываемым субстратом (истощенный и деградированный почвенный покров, загрязненные почвы и грунты). Рекомендуемые реагенты изначально предполагалось использовать для обработки территорий, подвергшихся загрязнению токсичными веществами после применения оружия массового поражения или вследствие техногенных катастроф. В результате процесса происходит связывание токсичных форм тяжелых металлов (цинка, свинца, мышьяка, хрома, никеля, меди и др.) в безопасные нерастворимые комплексы. Металлоорганические соединения и комплексы очень устойчивы в диапазоне pH 2,5-8,5. Устойчивость образующихся соединений и комплексов к химическому и микробиологическому воздействию составляет не менее 100 лет. Происходит обезвреживание органических экотоксикантов, так содержание углеводородов нефти и нефтепродуктов (дизельное топливо, керосин, машинные масла и т. п.) в загрязненном субстрате снижается с 4,8 до 0,8% всего за 1,5-2 месяца. Содержание полихлорированных бифенилов, а также пестицидов в загрязненном почво-грунте снижается с 98 мг/кг до норм ПДК (0,01 мг на кг почвы) за 50-60 дней. Применение данных технологий на засоленных почвах приводит к увеличению емкости катионного обмена, оптимизации состава почвенного поглощающего комплекса. Обработка почво-грунтов предлагаемыми препаратами увеличивает каталитическую активность, коэффициент структурности и влагоемкость почв, практически не изменяя pH среды. Обработка реагентом грунта приводит к одновременному протеканию процессов ионного обмена, адсорбции и аб-

сорбции, соагуляции и окклюзии, обеспечивающих эффективную санацию (детоксикацию) почво-грунтов и образование слоев, в которых, в процессе взаимодействия различных токсикантов и гуминовых веществ, образуются соединения, устойчивые в широком диапазоне pH, практически не обладающие подвижностью и способностью к миграции, труднодоступные для микроорганизмов. Коэффициент фильтрации таких слоев составляет примерно  $10^{-8}$ - $10^{-9}$  м/сутки, что намного меньше коэффициента фильтрации тяжелых сульфидов. Предлагаемые реагенты являются естественными для окружающей среды, не образуют токсичных соединений в почве и воде, не загрязняют атмосферу, не оказывают негативного влияния на флору, фауну и биогеоценозы в целом, даже при использовании высоких доз.

Увеличение количества гуминовых веществ в почве вызывает интенсификацию естественных процессов самоочищения земель. Внесение в почву предлагаемых веществ способствует восстановлению почвенной структуры и улучшению физико-химических свойств, увеличению численности и активизации деятельности микроорганизмов, повышению биологической и ферментативной активности почвы, в результате чего ускоряются процессы микробиологической деструкции органических экотоксикантов.

Гуминовые препараты должны полностью удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям, быть разрешенными к применению в сельском хозяйстве и животноводстве, соответствовать ТУ 2189-002-50193895-04 или ТУ 2189-002-54765226-03 (санитарно-эпидемиологические заключения №77.99.28.218.А.000103.05.05 от 11.05.2005 г. или №77.99.18.218.А.000112.06.03 от 03.06.2003 г., соответственно).

Технология ремедиации и рекультивации почво-грунтов на месте включает 5 операций:

- Подготовительные работы.
- Технические (земляные) работы.
- Приготовление рабочего раствора препарата путем смешивания исходного препарата (в виде 40% пасты) с водой в соотношении 1:2 или 1:4.
- Внесение рабочего раствора на поверхность деградированных участков и перемешивание на необходимую глубину (20-40 см).
- Планировочные работы на местности.

Транспортирование и хранение препарата производится по ГОСТ 14189-81 и по ОСТ

6-15-90.4-90, а также в соответствии с «Гигиеническими требованиями к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов» СанПиН 1.2.1077-01. Температурный режим хранения от  $+30^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ . Приготовление суспензии производится в мешалке или автомиксере. Смешивание препарата проводится в течение 30 минут при отношении «препарат: вода» = 1:2 или 1:4, в зависимости от типа загрязнения и вида работ. Поскольку препараты не обладают повышенной коррозионной активностью, для изготовления оборудования, машин и механизмов рекомендуется использовать углеродистую сталь. Для защиты от коррозионного действия атмосферного воздуха и влаги рекомендуется использовать покрытие наружных поверхностей аппаратов химическими стойкими лакокрасочными покрытиями.

Почво-грунт выравнивается, тщательно перемешивается и рыхлится с использованием культиваторов, борон или безотвальных плугов до образования однородного разрыхленного слоя мощностью 20-40 см.

Заполненная рабочим раствором установка для внесения жидких удобрений въезжает на участок нефтезагрязненной территории и, двигаясь с постоянной скоростью, осуществляет его полив через систему отверстий распределительной системы установки. Доза внесения препарата рассчитывается для каждого конкретного случая по эмпирически полученной формуле. После внесения рабочего раствора проводят рыхление почво-грунта вспашкой, дискованием или боронованием на всю глубину обрабатываемого слоя (0,2-0,4 м) в направлении, перпендикулярном направлению внесения раствора. Рыхление грунта повторяется через каждые сутки, но не менее 2-3-х раз за 4-5 суток. При необходимости (сильной засухе и отсутствии осадков) при втором рыхлении производят полив с нормой расхода воды равной расходу рабочего раствора препарата. На 5-6 сутки операции по рыхлению почво-грунта повторяют.

Через 1-2 месяца производится контрольный отбор и анализ проб. Если суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) ниже 32 (умеренно опасное загрязнение), можно приступать к биологической рекультивации территории. Если суммарный показатель загрязнения равен или превышает 32, то все операции повторяются еще раз.

Биологическую рекультивацию рекомендуется проводить на следующий вегетационный сезон по окончании технической рекультивации и ремедиации почво-грунтов.

На этапе биологической рекультивации также рекомендуется использовать рабочий раствор (5%) гуминового препарата для повышения приживаемости растений, увеличения скорости роста и резистентности к неблагоприятным условиям среды. На участках посева трав рекомендуется проводить двойную обработку почвы по всходам с интервалом в 14 дней. Расход 0,01% раствора препарата на одну обработку – 600 л/га. Для приготовления раствора 1 л 5% суспензии препарата разводят в 500 л воды. Полив производят с использова-

нием установки для внесения жидких удобрений. При создании древесно-кустарниковых насаждений перед посадкой корневая система сеянцев погружается в раствор препарата 0,01% концентрации до корневой шейки на 24 часа. Если корневая система большая и нет возможности осуществить обработку в растворе, то применяют сметанообразную массу, состоящую из глины и торфяной крошки, замешанной на 5% суспензии препарата. Сметанообразная масса готовится в ямах недалеко от места посадки. Корневую систему саженца обмакивают, тут же высаживают и поливают раствором препарата 0,005% концентрации (1 л 5% суспензии препарата на 1000 л воды) с нормой расхода на одно растение - 15-20 л.