

почвообразования и в первую очередь с различием типов почвообразующих пород. Поэтому нами была предпринята попытка выделения трендов развития гумусовых горизонтов почв, развивающихся на разных материнских породах. Получение соответствующих уравнений модели формирования гумусового горизонта позволило рассчитать дискретные (мгновенные) скорости данного процесса при развитии почв на разных типах материнских пород (от 0,5 до 2 мм/год).

Обобщая результаты проведенных исследований воспроизводства почв в техногенных ландшафтах, можно сделать следующие выводы.

1. Воспроизводство почв в условиях самозарастания отвалов вскрышных пород в техногенных ландшафтах протекает в достаточно экстремальных условиях, но в большинстве случаев к 30-40-летнему возрасту молодые почвы имеют морфологически хорошо выраженный профиль. Среди почвенных генетических горизонтов наибольшее развитие получают гумусовые.

2. Морфология профилей новообразованных почв техногенных ландшафтов сильно зависит от типа почвообразующей породы. Лучше всего профиль почв формируется на суглинистых и супесчаных породах, менее развиты почвы на песках, глинах, меловых породах.

3. Максимальная скорость формирования гумусового горизонта характерна для почв 20-50-летнего возраста, но для почв разного литологического типа максимумы скоростей не совпадают во времени.

**Несмотря на высокие темпы** почвообразования на начальном этапе, к 40-50-летнему возрасту почвы достигают немногим более 10 % морфологической зрелости фоновых почв, поэтому нет смысла ожидать полного природного восстановления нарушенного почвенного покрова в техногенных ландшафтах в сколько-нибудь приемлемые сроки. Однако уровень функционирования молодых почв позволяет создавать довольно значительную продукцию фитоценозов, интенсивно преобразовывать субстрат. Почвы техногенных ландшафтов уже в 15-летнем возрасте устойчиво выполняют главные экосистемные функции: разложение органического вещества, депонирование элементов-биофилов и др. Кроме того, они, в сочетании с хорошим задернением, в значительной степени снижают интенсивность денудационных процессов. Поэтому управление природным воспроизводством почв, как незаменимого компонента регенерационных геосистем, обязательно должно быть составной частью мероприятий по экологической реабилитации постпромышленных ландшафтов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №03-05-96403 и гранта Минобразования РФ

## ЗАВИСИМОСТЬ БУФЕРНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ ПО ОТНОШЕНИЮ К НЕФТЯНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ ОТ СТРУКТУРЫ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

Зильберман М.В., Порошина Е.А., Зырянова Е.В.  
ФГУ УРАЛНИИ «ЭКОЛОГИЯ»,  
Пермь

В настоящее время в промышленных регионах России загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами стало одним из наиболее часто встречающихся факторов негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Сокращение экологических потерь связанных с этим фактором требует проведение комплекса работ по рекультивации загрязненных территорий, что, в свою очередь приводит к определенным экономическим потерям. При принятии управленческих решений, направленных на минимизацию суммы этих потерь (экологических и экономических) необходимо четкое представление о допустимом уровне остаточной концентрации нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ.

С экологической точки зрения допустимую остаточную концентрацию нефтепродуктов в почве можно определить как концентрацию, которая допускает устойчивое существование на загрязненной территории экологической системы, обеспечивающий близкий, по сравнению с незагрязненной территорией, уровень фитопродуктивности.

Мера воздействия загрязняющих почву нефтепродуктов на биологические объекты определяется не только концентрацией, но и взаимодействием этих нефтепродуктов с абиотическими компонентами почвы. Последнее взаимодействие обусловлено в первую очередь адсорбцией нефтепродуктов на поверхности твердой фазы почвы. С этой точки зрения характеристики порового пространства почвы представляются важной характеристикой, определяющей допустимое остаточное содержание нефтепродуктов. Таким образом характеристики порового пространства почвы должны определять ее буферную способность по отношению к загрязнению нефтепродуктами.

Характеристики порового пространства тесно связаны с важнейшими физическими характеристиками почв, а именно, с влагоудерживающей способностью и влагопроводностью.

Обычно влагоудерживающую способность представляют в виде зависимости влажности почвы от осмотического матричного потенциала воды, содержащейся в поровом пространстве. Эти зависимости носят название основной гидрофизической характеристики (ОГХ).

К настоящему времени разработано множество математических моделей, описывающих ОГХ. Эти модели условно могут быть разделены на две группы. Первая группа представлена эмпирическими уравнениями с тем или иным числом параметров (обычно от 2 до 5). Ко второй группе можно отнести модели, обеспечивающие кусочно-гладкие аппроксимации определенного набора экспериментальных данных. Отметим, что эти модели, как правило, не содержат

прямой связи с представлениями о структуре порового пространства почвы.

В настоящей работе показано, что, используя относительно простые представления о характере распределения пор по размерам, можно получить удовлетворительные описания ОГХ.

Для определения свойств порового пространства воспользуемся представлением об эквивалентной структуре, в которой все поры имеют одинаковую форму (цилиндрическую) и имеется некоторое распределение этих пор по размерам.

В этом случае каждому матричному потенциалу воды будет влажность, определяемая объемом порового пространства с радиусом пор не превышающим значение, для которого капиллярное поднятие жидкости равно данному матричному потенциалу.

Нами была проанализирована возможность аппроксимации распределения пор по размерам с помощью Гамма-функции. При этом было показано, что кривые ОГХ, вычисленные исходя из этого предположения, приобретают ряд особенностей, характерных для экспериментальных кривых. Это касается вырожденного участка на «влажном» конце кривой и степенной зависимости влажности от матричного потенциала на «сухом» участке.

Модельные расчеты показали, что качество аппроксимации предложенной модели ОГХ не уступает традиционным моделям. В то же время предложенная модель (в отличие от традиционных) позволяет оценить параметры распределения пор по размерам. Исходя из параметров распределения пор по размерам, можно оценить средний и среднеквадратичный размер пор. При этом первая характеристика определяет величину удельной поверхности порового пространства, а вторая – коэффициент фильтрации.

Апробация предложенной модели на известных экспериментальных данных показала, что оценки удельной поверхности хорошо коррелируют с содержанием в почвах «физической» глины. Показана линейная корреляция величин коэффициентов фильтрации и оценок среднеквадратичного радиуса поры.

Получены эмпирические зависимости параметров распределения пор по размерам от гранулометрического состава почв.

В отдельных экспериментах нами было показано, что количественная мера воздействия загрязнения почвы нефтепродуктами на ее фитопродуктивность определяется удельной поверхностью почвы, рассчитанной с использованием вышеупомянутой эмпирической зависимости.

Таким образом, в результате проведенных работ получены модельные представления, позволяющие оценить буферную способность почв по отношению к нефтепродуктам по данным гранулометрического анализа почвенного образца.

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИЙ

Зильберман М.В., Порошина Е.А., Зырянова Е.В.  
ФГУ УРАЛНИИ «ЭКОЛОГИЯ»,  
Пермь

Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами относится к весьма распространенному типу негативно-антропогенного воздействия, особенно в промышленных регионах России. Ключевым элементом в цепи экологических последствий нефтяного загрязнения является изменение видового состава растительного покрова и уменьшение его продуктивности вплоть до полной гибели всех растений на загрязненном участке.

Важным моментом при оценке воздействия нефтяного загрязнения почвы на экологическое состояние территорий является то, что содержание нефтепродуктов в почве нельзя рассматривать как единственный показатель загрязнения. Действительно, воздействие нефтепродуктов на биологические объекты определяется не только концентрацией углеводов в почве, но и характером взаимодействия этих углеводов с абиотической составляющей почвы. Это взаимодействие носит адсорбционный характер и определенным образом связано со структурой порового пространства. Кроме того, углеводороды, содержащиеся в нефти, попадая в почву, подвергаются многоступенчатому процессу трансформации, основным направлением которого является окисление углеводородов с образованием целого спектра новых соединений: спиртов, альдегидов, кислот. Эти соединения в химическом анализе не будут определены как «нефтепродукты», однако, могут оказывать негативное влияние на биологические объекты так же как исходные соединения. Наконец многообразие молекулярно-массового распределения углеводородов в нефти приводит к тому, что одни и те же массовые концентрации нефтепродуктов в почве могут приводить к существенно различному воздействию на биологические объекты.

С учетом вышесказанного становится понятным, что объективная оценка воздействия нефтяного загрязнения почвы на экологическое состояние территорий может быть дана только на основе комбинации методов химического анализа, исследования физических характеристик почв и биотестирования.

Для формального описания зависимости фитопродуктивности от уровня загрязнения почвы нефтепродуктами нами было предложено использовать интегральное Гамма-распределение. Такой способ описания экспериментальных данных привел к удовлетворительным результатам. При этом параметры Гамма-распределения, получаемые при аппроксимации экспериментальных данных, по своей сути представляли собой характеристики исследуемой системы, то есть зависели от характеристик почвы и специфики загрязнителя.

В ходе проведенных экспериментов было показано, что воздействие нефтяного загрязнения почвы уменьшается с ростом содержания в почвах физиче-