

## Мониторинг и восстановление почв, загрязненных нефтяными углеводородами (обзор)\*

### Часть 2. Современные подходы и технологии восстановления почв, загрязненных нефтяными и топливными углеводородами

И. П. Бреус, С. А. Неклюдов, Р. Х. Хузиахметов, В. А. Бреус,  
Л. И. Хохлова, Н. Т. Картель

Казанский государственный университет,  
Казанский государственный технологический университет,  
Институт сорбции и проблем эндозоологии НАН Украины, г. Киев

Нефтяные и топливные углеводороды (УВ) относят к приоритетным загрязнителям природной среды. Развитие нефтеперерабатывающей промышленности, интенсификация транспортных потоков нефти и нефтепродуктов приводят к увеличению риска загрязнения окружающей среды в результате утечек и разливов в трубопроводах и подземных хранилищах, аварийных выбросов, неправильного захоронения углеводородсодержащих отходов и т. д. Низкая растворимость этой группы УВ в воде существенно затрудняет очистку загрязненных ими почв и вызывает необходимость разработки специфических технологий их ремедиации (восстановления) [1–3]. В последние десятилетия особое внимание разработке экологических технологий уделяется в Европе [4–6]. Однако даже при достаточной степени научной разработанности отдельных технологий большинство из них не опробовано в промышленном масштабе и в лучшем случае находится на уровне проведения испытаний на локальных участках или в пилотных установках. На данном этапе важной целью европейских комиссий по охране окружающей среды является создание крупных проектов, направленных на обобщение имеющейся информации по испытанию и применению экологических технологий и разработке научно обоснованных концепций и подходов в области ремедиации почвы.

В первой части данного обзора нами была дана характеристика экологической ситуации в России и Европейских странах в связи с загрязнением почв нефтяными и топливными УВ и кратко охарактеризована деятельность основных Европейских организаций, связанная с защитой и реабилитацией загрязненных почв [7]. Настоящая часть обзора также составлена преимущественно по материалам зарубежных источников (научных статей, отчетов по деятельности европейских экологических проектов, обзоров

Агентства по охране окружающей среды США), в которых наиболее полно охарактеризованы подходы и конкретные технологии восстановления почв, загрязненных органическими соединениями, и в особенности нефтяными и топливными УВ. Представленная информация не является исчерпывающей, однако позволяет составить общее представление о проблеме и выделить ее наиболее эффективные решения.

#### Классификация технологий ремедиации почв

Существует несколько классификаций технологий ремедиации почв. Во-первых, их классифицируют **по месту проведения**: а) *In Situ* (непосредственно в почве) и б) *Ex Situ* (после извлечения загрязненной почвы).

*In Situ* технологии основаны на использовании процессов, позволяющих удалить, разложить, химически модифицировать, стабилизировать и/или инкапсулировать загрязнители в почве без удаления подлежащей очистке почвы (и/или грунта) [8, 9]. Основное преимущество таких технологий заключается в возможности обработки почв без их извлечения, что приводит к существенному удешевлению процесса. Однако при этом увеличиваются временные затраты и достигается меньшая однородность обработки из-за вариабельности почв и характеристик водоносного слоя. Это приводит к снижению эффективности технологий, поскольку затрудняется контроль за их реализацией. При использовании *Ex Situ* технологий загрязненная почва удаляется с места своего расположения и очищается либо на территории объекта (*On-Site*), либо вне объекта (*Off-Site*) [8, 10]. Основное преимущество такой обработки в том, что она требует меньше времени, чем методы *In Situ*, и при этом обеспечивает более высокую однородность обработки из-за возможности гомогенизировать,

\*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 06-04-49097, 06-04-49098 и МНТЦ #3419.2.