

Санкт-Петербургский
государственный
технологический институт
(технический университет)

кафедра
Инженерной
радиоэкологии и
радиохимической
технологии

**ПРИМЕНЕНИЕ
БИОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ
ДЕЗАКТИВАЦИИ
РАДИОАКТИВНО
ЗАГРЯЗНЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ**

Коряковский Ю.С., Акатов А.А.

ИСТОЧНИКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Отсутствие на раннем этапе продуманных действий по защите окружающей среды
- Радиационные инциденты и аварии (1957 г. – авария на комбинате "Маяк", 1986 г. – авария на ЧАЭС)
- Испытания ядерного оружия

ПОВЕДЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

▶ ^{137}Cs , ^{90}Sr

▶ U , Np , Pu

▶ (Ra)

Поведение радионуклидов в окружающей среде:



ПОВЕДЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

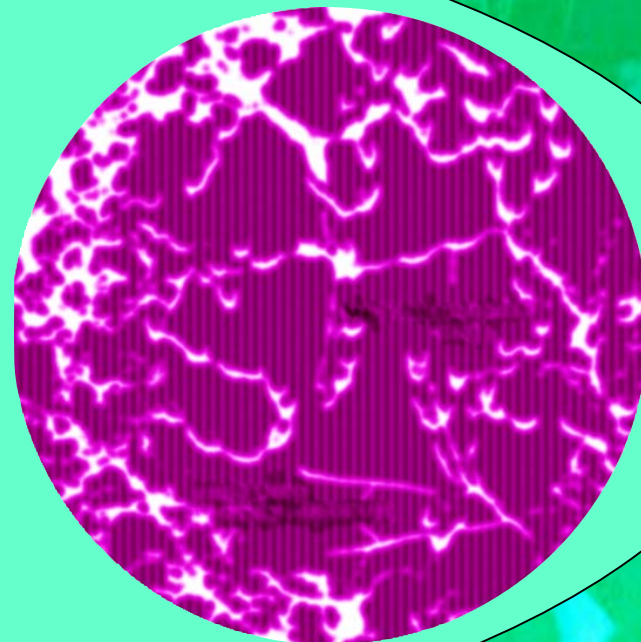
- концентрирование радионуклидов растениями,
- распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs по частям растений,
- Влияние добавок и удобрений на поступление в растения ^{90}Sr и ^{137}Cs ,
- составление рядов растений в зависимости от поглощения радионуклидов,
- и пр.

ПОВЕДЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

- исследование распределения, количества, форм и миграции ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{239}Pu в зоне действия ПО "Маяк",
- исследование почв, радиоактивно загрязненных в результате аварии на ЧАЭС,
- влияние микробиологической активности на подвижность ^{137}Cs и ^{90}Sr почвах,
- влияние компонентов биоты на миграцию ^{137}Cs в лесных массивах,
- и пр.

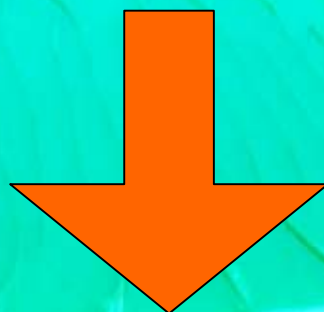


+



Растения

**Микро-
организмы**



**Синергетический эффект
при очистке ОС**

Биологические способы:

используются с 40-х годов XX в.

Процессы биосорбции и биоаккумуляции на мертвых и на живых клетках организмов (бактерий, дрожжей, микрогрибов, водорослей, и др.), в аэробных или анаэробных условиях.

специальные очистные сооружения:
аэротенки, биофильтры, биореакторы,
пруды-отстойники.

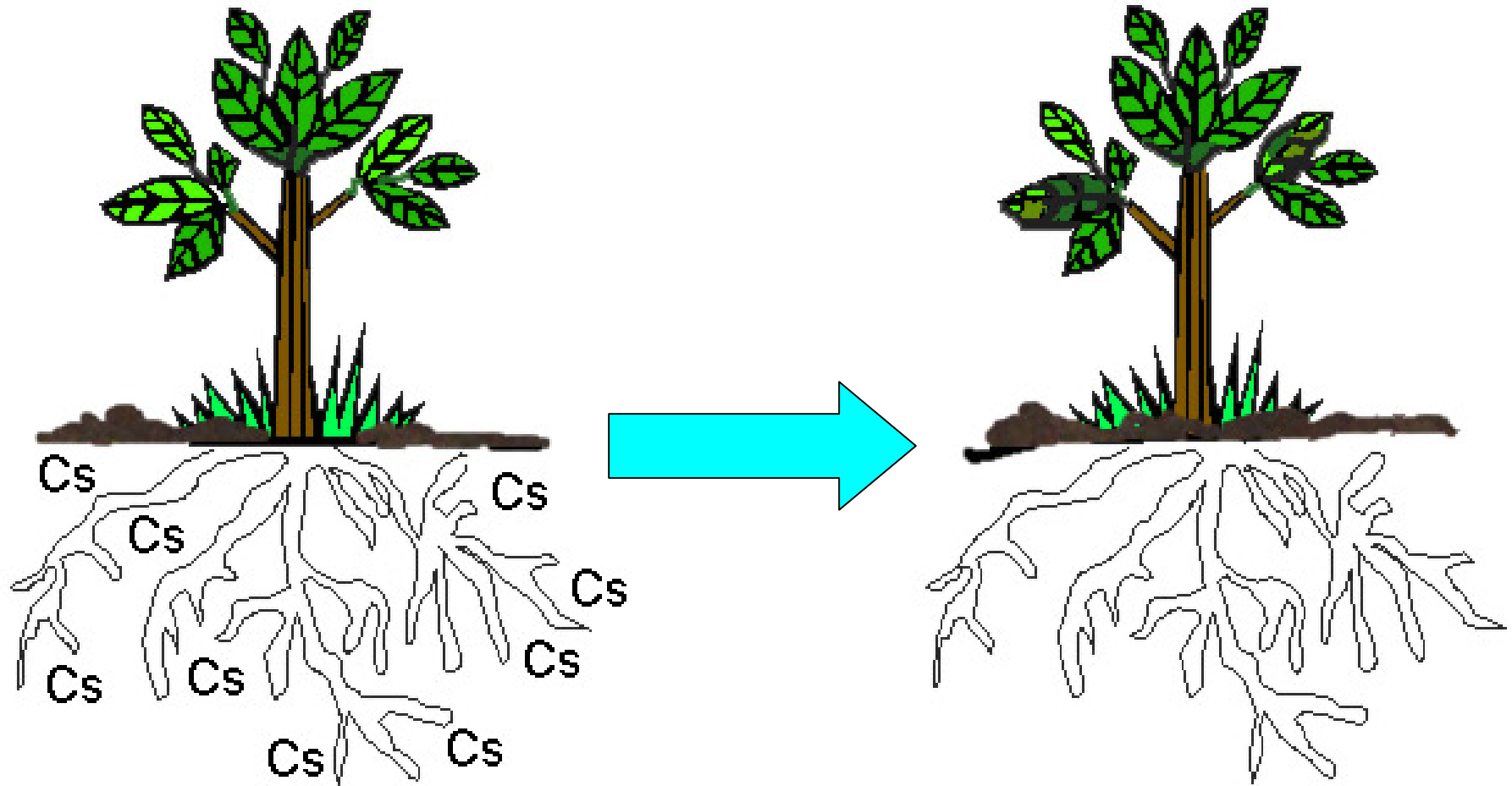
Биологическая очистка окружающей среды от РН:

аккумуляция радионуклида в организме-носителе, который легко извлекается из окружающей среды и перерабатывается

ФИТОВОССТАНОВЛЕНИЕ (PHYTOREMEDIATION)

(фиторемедиация, фитомелиорация):
применение высших растений для очистки
почв и аквасистем

ФИТОВОССТАНОВЛЕНИЕ



Современный статус биотехнологий



- Германия,
 - Великобритания,
 - Испания
- (переработка загрязненных вод)

Россия и Восточная Европа:

отсутствие открытых данных о
практической крупномасштабной
реализации биовосстановления

Европейские проекты

- Великобритания – проект CoSTaR Network – применение биотехнологий на угольных шахтах,
- Португалия – заинтересована в использовании систем биологической очистки при закрытии урановых шахт,
- Дания – использование биологической очистки для переработки вод коммунального хозяйства

Работы, проводимые на уровне ЕС

- проект **COST 837** – использование растений для удаления органических загрязнений и токсичных металлов из сточных вод и с загрязненных площадок,
- проект **PYRAMID** – суммирование знаний по использованию пассивных ремедиационных технологий (включая биологические способы),
- **FP5, MYCOREM**

Приоритетные направления развития биотехнологий (Германия):

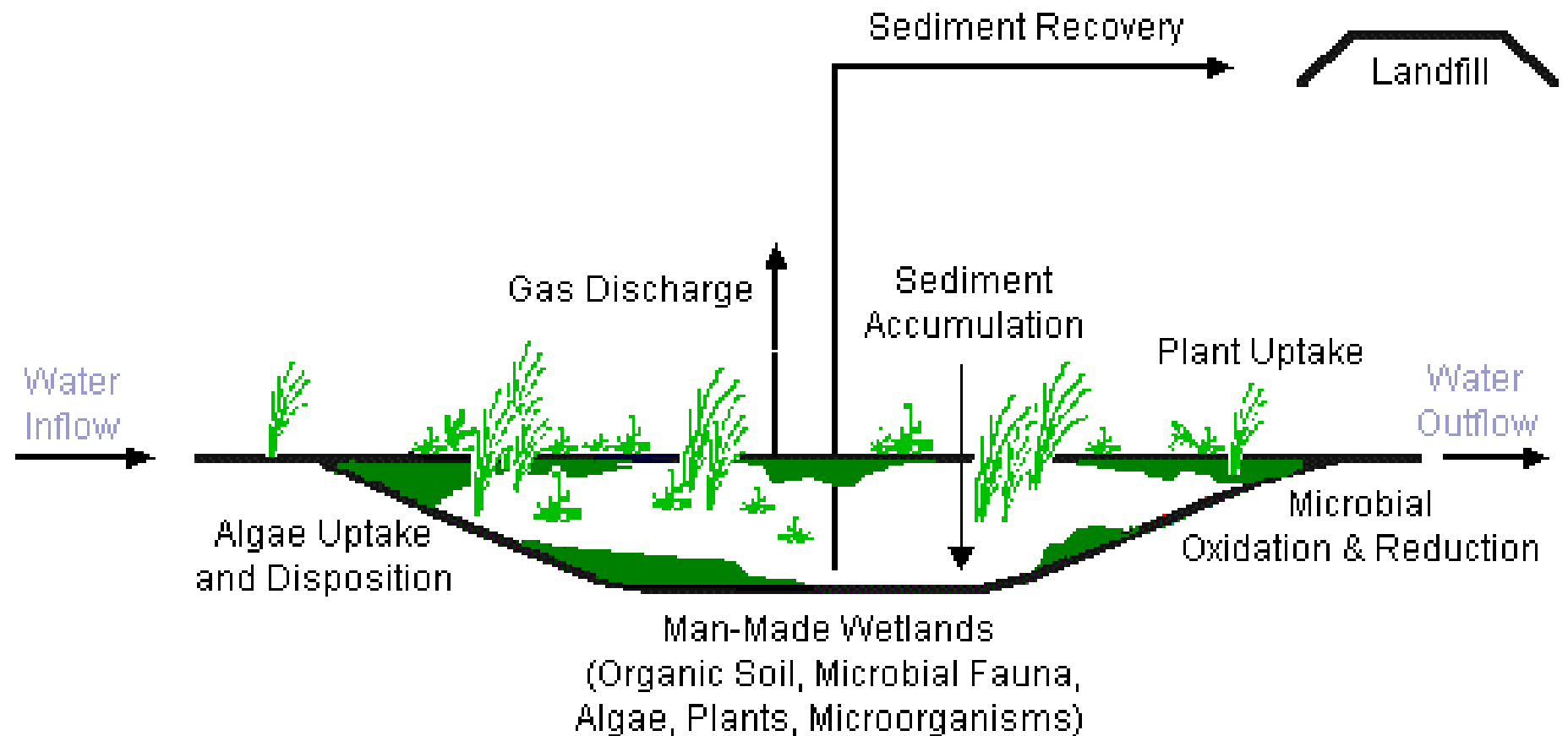
- исследования устойчивости систем пассивной биологической очистки вод, разработка руководств для конструирования wetland-ов,
- биоаккумуляторы тяжелых металлов на керамическом субстрате,
- поиск быстрорастущих растений для фитовосстановления,
- ускорение переноса ксенобиотиков в системе почва-подземные воды-растения,
- отыскание "гипераккумуляторов" для тяжелых металлов,
- использование трансгенных растений.

Закон о контроле за загрязнением воды:

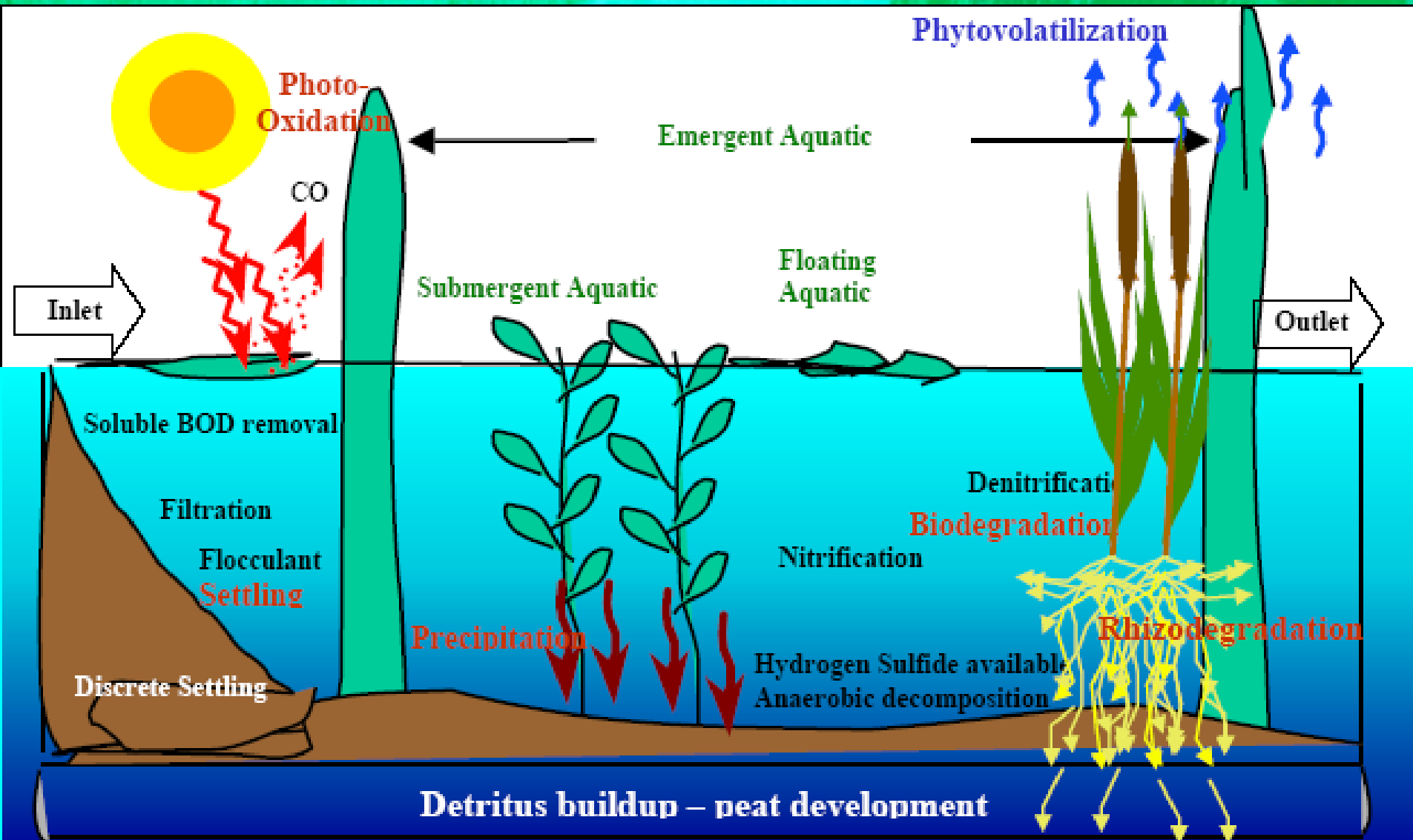
- **wetland** –

это затопленный или насыщенный водой участок поверхности, на котором поддерживаются условия для жизнедеятельности растений, произрастающих на водонасыщенных (или затопленных) почвах.

Применение wetland-ов



Применение wetland-ов



Функционирование wetland-а

An aerial photograph of a constructed wetland system. The system consists of several interconnected basins of various shapes, including circular and rectangular ones. The basins are filled with water and surrounded by dense green vegetation, likely reeds or similar wetland plants. The overall layout is a complex network of water channels and treatment basins.

- колонии микроорганизмов,
 - водоросли,
 - полупогруженные (высшие) растения
-
- ионный обмен,
 - адсорбция,
 - абсорбция,
 - осаждение

wetland для очистки стоков урановой шахты (Германия):



wetland для очистки стоков урановой шахты (Германия):

производительность – 20 м³/ч

загрязненность:

U – несколько мг/л,

Ra – несколько Бк/л,

As, Fe, Mn

Полупогруженные растения *Characeae*:

- а) селективная аккумуляция металлов-загрязнителей
- б) поддержка микробиологической среды

Стоимость биовосстановления (вода)



wetland WISMUT:

1 €/м³

другие данные:

0.45-1.7 \$/м³

Переработка
традиционными
технологиями:

4-10 – 65-90 \$/м³

Стоимость биовосстановления (почва)

Фитотехнологии на **40%** дешевле **in-situ** технологий (промывка почвы раствором химических реагентов, электрофорез, и пр.)

Фитотехнологии на **90%** дешевле **ex-situ** технологий:

- экскавация и захоронение,
- сжигание,
- обратный осмос,
- химическая обработка

Стоимость биовосстановления (почва)

тип обработки	\$/м ³	время (мес.)	доп. факторы	проблемы безопасности
фиксация	90-200	6-9	последующий мониторинг	выщелачивание
вывоз и захоронение	100-400	6-9	последующий мониторинг	выщелачивание
химическая обработка	250-500	8-12		утилизация дезактивированной почвы, захоронение РАО
фитоэкстракция	15-40	18-60	подходящий климат и тип почвы	обращение с органическими РАО

Стоимость биовосстановления (почва)

Фитовосстановление:

15-40 \$/м³

150-2300 \$/м³



Ограничения в применении биотехнологий для дезактивации

- биологические системы имеют свою собственную динамику (живые организмы могут иметь "хорошие" и "плохие" дни);
- длительная начальная стадия "разгона" перед тем, как биосистема начнет функционировать должным образом;
- недостаточно высокая степень очистки (для водных сред);
- низкая кинетика (для почв)

Ограничения в применении биотехнологий для дезактивации

- принципиальная неопределенность относительно времени процесса,
- проблема обращения с отходами (post-harvest),
- отсутствие законодательной базы, регулирующей внедрение и использование биоремедиационных технологий

Обращение с радиоактивными отходами

- 10 кБк/кг – использование в строительстве,
- 100 кБк/кг – радиоактивные отходы,
- 1000 кБк/кг – низкоактивные РАО (!!)

В перспективе – органические НАО, требующие особого обращения:

установка сжигания, система очистки отходящих газов, водоочистка, и пр.

+ системы биологической и физической защиты, хранилища/могильники РАО

В пользу биотехнологий:

- ✓ по всей Европе, требуется восстановить тысячи площадок, загрязненных радионуклидами и другими ксенобиотиками,
- ✓ высокий спрос на низкочатратные технологии,
- ✓ медленно повышающееся приятие технологий пассивной биологической очистки со стороны законодательных органов.

An aerial photograph of a golf course. The image shows several green fairways, a clubhouse in the center, and a few people on a wooden walkway in the lower right. The text "СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ" is overlaid in large, bold, black letters.

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ**