

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### ANALYSIS OF THE APPLICATION OF BIOTECHNOLOGIES FOR THE PURIFICATION OF VARIOUS ENVIRONMENTAL POLLUTION

**Поварова Лариса Валерьевна**

кандидат химических наук, доцент,  
доцент кафедры химии,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
larispv08@gmail.com

**Povarova Larisa Valeryevna**

Candidate of chemical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor  
of chemistry department,  
Kuban state technological university  
larispv08@gmail.com

**Аннотация.** Целью данной статьи является рассмотрение понятия термина «биотехнология» в целом и биотехнологических методов, используемых для очистки различных загрязнений окружающей среды, а также ознакомление с современными биотехнологиями охраны окружающей среды. Описана биотехнология переработки отходов, биотехнология защиты атмосферы, биологическая рекультивация, биотехнология очистки вод, биотехнология переработки отходов растительности, биотехнология охраны земель и биотехническая очистка почв от нефти и нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** биотехнология переработки отходов; биотехнология защиты атмосферы; биологическая рекультивация; биотехнология очистки вод; биотехнология переработки отходов растительности; биотехнология охраны земель; биотехническая очистка почв от нефти и нефтепродуктов.

**Annotation.** The purpose of this article is to examine the concept of the term «biotechnology» in general and biotechnological methods used to purify various environmental pollution, as well as to familiarize ourselves with modern biotechnologies for environmental protection. The biotechnology of waste processing, biotechnology of atmosphere protection, biological reclamation, biotechnology of water purification, biotechnology of waste vegetation processing, biotechnology of land protection and biotechnical cleaning of soils from oil and petroleum products are described.

**Keywords:** biotechnology of waste processing; biotechnology of atmospheric protection; biological re-cultivation; biotechnology of water purification; biotechnology processing of waste vegetation; biotechnology of land protection; biotechnical cleaning of soils from oil and oil products.

## Введение

В настоящее время человечество стоит перед проблемой экологического кризиса, т.е. такого состояния среды обитания, при котором вследствие произошедших в ней изменений среда обитания оказывается непригодной для жизни людей. Экологический кризис – это напряжённое состояние взаимоотношений между человеком и природой, характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе ресурсно-экологическим возможностям биосферы. Загрязнением окружающей среды называется поступление или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических, биологических или информационных агентов, приводящее к отрицательным последствиям. Загрязнение природной среды может возникнуть как в результате воздействия природных, естественных факторов, так и в результате хозяйственной деятельности человека. Примерами антропогенных загрязнений являются аварии и катастрофы на промышленных объектах, с выбросом радиоактивных, химических и биологических веществ. Не менее значительными и опасными являются загрязнения, связанные с обычной хозяйственной деятельностью, с работой предприятий, транспорта и т.д. Загрязнения делят на следующие группы: физические, химические, физико-химические, биологические. В России за последние несколько десятилетий в условиях ускоренной индустриализации и химизации производства подчас внедрялись экологически грязные технологии. При этом недостаточно внимания уделялось условиям, в которых будет жить человек, т.е. каким воздухом он будет дышать, какую воду он будет пить, чем он будет питаться, на какой земле жить.

Большие перспективы в области охраны окружающей среды и рационального природопользования имеют достижения биотехнологии.

## Биотехнологии

Биотехнологии как направления науки и практики являются пограничной областью между биологией и техникой отраслей человеческой деятельности. Они представляют собой совокупность методов и приёмов получения полезных для человека продуктов, явлений и эффектов с помощью микроорганизмов. Применительно к охране окружающей человека природной среды биотехнологию можно рассматривать как разработку и создание технологических процессов, основанных на продуктах жизнедеятельности биологических объектов, микробных культур, сообществ, их метаболитов и препаратов, путем включения их в естественные круговороты веществ, элементов, энергии и информации. Методами и приёмами биотехнологии являются фундаментальные и прикладные наработки микробиологии, биохимии, биофизики, клеточной и генной инженерии, их сочетание.

История биотехнологии насчитывает тысячелетия (производство хлебопечения, виноделие, сыроделие и т.д.). Однако ежегодно появляются новые прикладные направления биотехнологии, общим для которых является искусственное создание условий для эволюционных, биогеохимических процессов на Земле в виде характерных биореакторов, реализующихся с большими скоростями, оставаясь совместимыми по своим продуктам с окружающей природной средой.

На протяжении столетий человечество добывало металлы из богатых и относительно простых по химическому составу руд. По мере истощения запасов таких руд стали использовать полиметаллические и более бедные руды. Традиционные способы добычи металлов загрязняли окружающую «природную среду отходами, шлаками (полезно используется не более 2 % сырья). При этом извлекался только один элемент, а сопутствующие накапливались в отвалах.

Более совершенен и менее антропогенен гидрометаллургический метод, основанный на использовании водных растворов, одним из разновидностей которого является бактериально-химическое выщелачивание металлов.

Основу этого процесса составляет окисление содержащихся в рудах сульфидных минералов тионовыми бактериями. К таким минералам относятся сульфиды железа, меди, никеля, цинка, кобальта, свинца, молибдена, серебра, мышьяка. Металлы переходят из нерастворимой сульфидной формы в растворимую сульфатную. Полученные концентрированные (до 50 г/л) железосодержащие растворы отправляются на экстракцию и электрохимическую обработку (аналогична обработка и других металлов).

Биотехнология выщелачивания металлов может использоваться как для непосредственной обработки в пласте, так и в заброшенных карьерах и отвалах, что в целом улучшает охрану окружающей природной среды (более 5 % металлов в мире добывается в настоящее время таким способом и в перспективе его применение несомненно возрастёт).

Тионовые бактерии находят также применение для предварительного понижения содержания серы в рудном сырье. Содержание серы в углях может достигать 10–12 %, при их сжигании образуется сернистый ангидрид, который в дальнейшем выпадает в кислотных дождях. Принципиально биотехнология снижения серы в углях аналогична выщелачиванию металлов. Попутно выделяются содержащиеся в углях германий, вольфрам, никель, бериллий, ванадий, золото, медь, кадмий, свинец, цинк.

При добыче каменного угля зачастую выделяется метан, являющийся причиной взрывов и смертельных случаев на шахтах. Наряду с имеющимися способами борьбы с метаном в шахтах применяется и биотехнологический, в основе которого лежит процесс поглощения метана метанооксиляющими бактериями в угольных пластах и выработанных пространствах.

Для метанооксиляющих бактерий метан служит одновременно источником углерода и энергии (1/3 расходуется на увеличение биомассы, а 2/3 – на образование внеклеточных органических соединений и углекислого газа). Метанооксиляющие бактерии выращивают в ферментерах, концентрируют и непосредственно в шахте приготавливают рабочую суспензию с добавками азота и фосфора, которая закачивается в пласт из расчёта 30–40 л на 1 тонну угля. Необходимый для развития бактерий кислород подают в пласт компрессорами. Содержание метана в этом случае снижается более чем в 2 раза и в 1,5 раза повышается отдача угольного пласта.

Заметное место среди средств повышения вторичной добычи нефти принадлежит также биотехнологии. При нефтедобыче извлекается не более 50 % её запасов в пласте, что обусловлено прочной связью нефти с породой. Повышение нефтедобычи пласта на 10–16 % равносильно открытию нового месторождения. После закачивания воды для активизации биохимической активности микробов проводят аэрацию в зоне нагнетательной скважины. Это вызывает микробное разрушение нефти с образованием углекислого газа, водорода, низкомолекулярных органических кислот, которые поступают в анаэробную зону пласта и разрушаются анаэробными метангенерирующими бактериями с образованием метана. Разрушение нефти и образование газов приводит к разжижению её, увеличению текучести и повышению газового давления в пласте, что сопровождается увеличением нефтедобычи (в отдельных случаях до 30 %) и снижению антропогенного воздействия на окружающую природную среду.

### **Биотехнологии, используемые для очистки различных загрязнений окружающей среды**

Благодаря достижениям современных учёных (микробиологов, экологов, биохимиков) биотехнология успешно применяется и справляется с важными экологическими проблемами. В работе приведён ряд примеров применения современных биотехнологий, используемых для охраны окружающей среды.

#### ***Биотехнология переработки отходов***

Не отрицая важности для окружающей природной среды большого опыта и разнообразия механических и физико-химических методов утилизации твёрдых бытовых отходов, реальную перспективную альтернативу представляют биотехнологические методы. Особую важность биотехнологии переработки отходов обуславливает недолговременная исчерпаемость традиционных энергоносителей: угля, нефти, газа, а также далеко не бесспорные экологические характеристики атомных электростанций.

Биотехнология переработки твёрдых отходов не только позволяет утилизировать биогаз и снизить энергетический дефицит, но и в значительной степени уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую природную среду, в том числе уменьшить компоненты парникового эффекта.

Общим подходом к биотехнологии утилизации отходов с энергетическими целями является их анаэробная деструкция. Анаэробное сбраживание представляет собой бескислородный ферментативный стадийный микробный процесс, осуществляемый в мезофильных условиях с помощью различных групп микроорганизмов. Время контакта твёрдых отходов с микроорганизмами составляет 5–30 суток в зависимости от сырья, влажности, перемешивания.

В большинстве случаев при обработке твёрдая фаза имеет 3–5 %-ную концентрацию веществ, до 75 % из которых органические компоненты, примерно 50 % их превращаются при сбраживании в биогаз. Газ состоит на 65–70 % из метана, 25–29 % – углекислоты, а остальное составляют водород, сероводород, аммиак. Средняя производительность по газу составляет 1 л на 1 кг биологически окисляемых веществ. Средняя теплота сгорания биогаза 22–24 МДж/м<sup>3</sup>. Возможные пути утилизации биогаза – использование в котельных для обогрева; получение электроэнергии посредством газогенераторных установок; сжижение и использование в качестве автомобильного топлива или бытового баллонного газа.

В США, Японии, Германии насчитываются сотни, а в Китае десятки тысяч ферментеров для получения электроэнергии индивидуального пользования в жилом секторе и на сельскохозяйственных фермах путём переработки собственных и с незначительным добавлением растительных отходов. В нашей стране получение биогаза не вышло из стадии опытно-промышленных исследований, но перспектива развития биотехнологии в этом направлении, особенно для сельских регионов, очевидна.

Несколько иной механизм биодеструкции, но также с получением биогаза наблюдается при переработке твёрдых бытовых отходов (ТБО) на полигонах. На первой стадии катаболизма ТБО преобладают аэробные микробные процессы в сочетании с

физическими и химическими, по существу представляющие биокомпостирование. После исчерпания кислорода снижается температура ТБО, происходит развитие микроаэрофилов, факультативных анаэробов, участвующих в образовании метана. В тёплый период года наблюдается интенсивное метанообразование (от 3,1 до 371 л/кг ТБО в год). Уменьшение размера частиц ТБО до 10–20 мм увеличивает газоинтенсивность метановыделения в 4 раза. Положительное воздействие оказывает на метаногенез внесение в ТБО твёрдой фазы сточных вод станции аэрации особенно после анаэробной биодеструкции в качестве посевного биоматериала (инокулянта). В основе биогаза от ТБО практикой идентифицировано до 46 компонентов, доминантным из которых является метан (50–60 %).

Биогаз, образующийся на свалках, может быть извлечён при помощи вертикальных или горизонтальных перфорированных труб из полиэтилена. После удаления конденсата и пыли его теплота сгорания составляет 17–20 МДж/м<sup>3</sup>, а при дальнейшей очистке может достичь 34–37 МДж/м<sup>3</sup>.

### **Биотехнология защиты атмосферы**

Молекулы, служащие источником дурно пахнущего загрязнения воздуха, образуются в результате множества различных процессов. Эти молекулы часто органические и могут подвергаться микробной деградации. Пороговые концентрации дурного запаха весьма незначительные. Например: валериановая кислота – 0,6 %; тиюфенол – 0,06; диамилсульфид – 0,14; масляная кислота – 1; метилмеркantan – 1Д04; скатол – 1,2; этилмеркantan – 0,19 %.

Дурно пахнущие запахи удаляют биотехнологически в «сухих» или «мокрых» биореакторах.

«Мокрый» реактор, или биоскруббер, работает как реактор с насадкой с иммобилизированной биомассой и противотоком жидкости. Дурно пахнущие газы при этом переносятся из газовой фазы в жидкую, как в обычном скруббере, а затем окисляются закрепленной биомассой. Основные преимущества этого процесса:

- большая эффективность поглощения, биоокисление практически до нуля снижает дурно пахнущие загрязнения, резко уменьшается объем поглощающей жидкой фазы;
- параллельно решается проблема удаления сточных вод.

«Сухой» биореактор загружается насадкой из биоактивного сорбирующего материала (компост, торф), через который продувают загрязнённые газы. Сорбированные соединения активно окисляются микробными сообществами, развивающимися на поверхности насадки, одновременно регенерируя её. По такой биотехнологии, например, производится очистка воздуха в свинарниках.

Институт Биохимии им. А.Н. Баха РАН (ИНБИ) – лидер российского рынка в области биологических методов очистки промышленных вентвыбросов от паров летучих органических соединений (ЛОС). Оно разработало уникальную микробиологическую технологию БИОРЕАКТОР, которая выгодно отличается от существующих методов по своим техническим параметрам, капитальным и эксплуатационным затратам. Основой технологии БИОРЕАКТОР является консорциум природных иммобилизованных микроорганизмов, специально подобранных и адаптированных для высокоэффективной (80–99 %) деградации разнообразных ЛОС, например, ароматических углеводородов, карбонильных, СГ, хлорорганических и многих других соединений. БИОРЕАКТОР также эффективен для удаления неприятных запахов.

Поставка установок БИОРЕАКТОР производится на условиях «под ключ» от разработки до обслуживания. Технология защищена рядом отечественных патентов. С 1997 года английская компания «Sutcliffe Croftshaw» по лицензии выпускает установки БИОРЕАКТОР в Великобритании.

Технология БИОРЕАКТОР позволяет значительно (до 50 %) сократить производственные затраты на изготовление вследствие интенсификации процесса биоочистки и уменьшения габаритов установок. По оценкам фирмы «Sutcliffe» только в Великобритании можно вводить в строй до 3–6 установок в год стоимостью от 100,000 долларов США.

Биофильтрационная установка для очистки и дезодорации газоздушных выбросов Лаборатории «Технологии промышленного биосинтеза».

Биофильтрационная установка рекомендуется для очистки и дезодорации газоздушных выбросов от вредных органических веществ, применительно к различным экологически грязным производствам, в том числе химическим, нефтехимическим, металлургическим, деревообрабатывающим, лакокрасочным, пищевым, сельскохозяйственным и другим.

Способ основан на микробиологической утилизации вредных органических веществ с образованием углекислого газа и воды специально подобранными нетоксичными штаммами микроорганизмами (деструкторами загрязнений), проверенными и зарегистрированными в установленном порядке. Способ реализуется в новой высокоэффективной биофильтрационной установке, обеспечивающей эффективную непрерывную очистку отработанных газоздушных выбросов от различных органических загрязнений: фенол, ксилол, толуол, формальдегид, циклогексан, уайт-спирит, этилацетат, бензин, бутанол и др.

В состав установки входят:

- биоабсорбер – вспомогательное оборудование – циркуляционный насос, клапан;
- ёмкость (100 л) для солевого раствора, КИП, теплообменник, хвостовой вентилятор.

Установка в рабочем состоянии (с жидкостью) весит около 6,0 тонн, имеет габариты 4х3,5х3 м (в помещении) и установочную мощность 4 кВт.

Преимущества разработки. Биофильтрационная установка имеет следующие основные преимущества:

- высокую эффективность очистки газо-воздушных выбросов (от 92 до 99 %),
- низкие эксплуатационные энергозатраты до 0,3 кВт·ч/м<sup>3</sup>;
- высокую производительность по очищаемому газовому потоку (10–20 тыс./м<sup>3</sup>·ч),
- низкое аэродинамическое сопротивление газовому потоку (100–200 Па);
- простое обслуживание, длительную, надёжную и безопасную эксплуатацию.

Научно-техническая разработка отработана в промышленном варианте.

Институт ГосНИИсинтезбелок разработал установку для очистки газоздушных выбросов многокомпонентного состава микробиологическим методом на предприятиях химической, химико-фармацевтической, лакокрасочной, полимерной и других отраслей промышленности.

Предлагаемая технология позволяет обезвреживать легко летучие органические вещества, серосодержащие соединения, ароматические и нормальные углеводороды. Обеспечивает эффективность очистки от органических загрязнений при одноступенчатой очистке не менее 97 %; располагать установки на крышах производственных цехов, в непосредственной близости от источника выброса. Гарантирует стабильное качество очищенного и дезодорированного потока, в процессе длительной, постоянной эксплуатации исключает продувку системы и регенерацию биомассы.

В августе 2003 года на Чебоксарском агрегатном заводе проведены испытания абсорбционно-биохимической установки (АБХУ) очистки вентиляционного воздуха от триэтиламина.

Очистка вентиляционного воздуха осуществляется абсорбционным методом с биологической регенерацией абсорбента в АБХУ 9.00.00.000, разработанной и поставленной УП «Газоочистка-Сервис», г. Минск. Штамм микроорганизмов для регенерации абсорбента разработан и поставлен ГНУ «Институт микробиологии НАНБ», г. Минск.

- Концентрация триэтиламина в вентиляционном воздухе составляет: на входе в АБХУ – 780–1176 мг/м<sup>3</sup>, на выходе из АБХУ – 4–21 мг/м<sup>3</sup>.
- Эффективность очистки вентиляционного воздуха от триэтиламина составила 96–99 %.
- Концентрация фенола, формальдегида, бензола на выходе из АБХУ ниже предела измерений.
- Регенерация абсорбционного раствора осуществляется биологическим методом, концентрация триэтиламина в растворе не превышает 1,5 г/л (среднее значение), при неработающем технологическом оборудовании концентрация триэтиламина снижалась до 0,03 г/л.

В состав АБХУ входят: абсорбер АК 1991.00.00.000; биохимический аппарат АР 40.00.000; вентилятор ДН 12,5у; вентилятор ВР 100-45; насос водяной К 65-50-160; шламоуловитель АФ 10.05.00.000; пылеуловитель ПУ 1.00.000; воздухопроводы, трубопроводы, регулирующая арматура.

Установлены следующие оптимальные параметры газоочистки:

- производительность АБХУ по вентвоздуху –  $40000 \pm 500$  м<sup>3</sup>/ч;
- интенсивность рециркуляции абсорбента в абсорбере –  $1 \pm 0,4$  м<sup>3</sup>/ч;
- гидравлическое сопротивление абсорбера – 2000–2200 Па;
- циркуляция раствора в эрлифте (воздушном насосе) – 10–15 л/мин.;
- общий расход сжатого воздуха на биохимическую систему – 42 м<sup>3</sup>/ч;
- концентрация биогенных добавок в абсорбционном растворе: РО<sub>4</sub> – 20–70 мг/л;

NH<sub>4</sub> = 50–100 мг/л;

- рН абсорбента 6,5–8,0; ХПК 100–1000 мг О<sub>2</sub>/л;
- сток абсорбционного раствора в заводскую канализацию и систему оборотного водоснабжения отсутствует.

Эффективность улавливания вредных органических и взвешенных веществ в абсорбенте (средние значения): фенол 98 %; формальдегид 93,5 %; цианиды 93 %; бензол 98 %; триэтиламин 87 %; полиизоцианаты 93 %; пыль неорганическая 88 %.

Использование биотехнологических методов для охраны окружающей среды, в частности атмосферы, является весьма перспективным. Привлекательными аспектами являются весьма низкие, по сравнению с другими методами, капитальные и эксплуатационные затраты, а также простота, надежность и отсутствие источников вторичного загрязнения.

В последнее время жители ряда европейских городов всё чаще обнаруживают установленные в самых, казалось бы, не подходящих местах цветочные горшки, причём с растениями, которые трудно назвать декоративными. Прохожие недоумевают, но всё объясняется просто: это так называемые биоиндикаторы, а установлены они в рамках проекта «Euro-Bionet» – программы, цель которой состоит в мониторинге состояния воздуха в европейских городах. Недавно в Штутгартском университете были подведены промежуточные итоги этого длящегося вот уже 4 года проекта. В его основе – идея использовать для экологического мониторинга биоиндикаторы, то есть растения, реагирующие на присутствие в атмосфере тех или иных вредных примесей.

Сегодня учёные обладают целым набором таких узкоспециализированных растений: табак очень восприимчив к концентрации озона в воздухе, листовая капуста чутко реагирует на содержание углеводов, злаки позволяют судить о присутствии тяжёлых металлов. Есть растения, выявляющие в атмосфере мутагены, то есть вещества, способствующие изменениям генетической структуры. Кроме того, программа рассчитана и на психологический эффект: появление непривычных растений в неожиданных местах призвано напомнить прохожим о важности экологических проблем.

В рамках проекта сто таких станций мониторинга были установлены в 12-ти крупных европейских городах. По словам Андреаса Клумпа (Andreas Klumpp), научного сотрудника Института экологии растений и сельского хозяйства при Штутгартском университете и координатора проекта «Euro-Bionet», естественно, в крупных мегаполисах регистрируется гораздо более высокая концентрация вредных веществ в воздухе, чем в небольших городах или в сельской местности. Тем не менее, по подавляющему большинству вредных примесей ситуация в Германии не вызывает серьёзных опасений, хотя в отдельных населённых пунктах по тем или иным показателям загрязнение может оказаться и довольно высоким.

Конечно, проект не ограничивается использованием биоиндикаторов: учёные располагают и традиционными измерительными приборами. Однако растения позволяют не просто выявить само наличие вредных веществ, но и изучить их воздействие на живой организм. Кроме того, биоиндикаторы эффективнее, когда речь идёт о поиске источников загрязнения. Горшки с растениями можно легко переносить с места на место, и им – в отличие от традиционных приборов – не нужна электророзетка.

В одном из британских городов новый метод позволил в первый же год выявить весьма тревожную ситуацию. Оказалось, что крупное местное промышленное предприятие загрязняло окружающую среду гораздо сильнее, чем принято было считать.

Недавно группа специалистов завершила изучение экологической обстановки в средиземноморском регионе, причём здесь также широко применялись биоиндикаторы. По словам Андреаса Клумпа, в городах Средиземноморья экологическая ситуация – самая неблагоприятная в Европе. Причина этого в том, что Средиземноморье – зона, неблагоприятная с точки зрения концентрации озона, поскольку интенсивное солнечное излучение приводит там к усиленному образованию этого вещества в атмосфере. Кроме того, там гораздо хуже положение и по части загрязнения тяжёлыми металлами.

Результаты измерений однозначно показывают, что в центральных районах городов, на улицах с интенсивным дорожным движением уровень загрязнения воздуха тяжёлыми металлами и органическими субстанциями гораздо выше, чем на окраинах и в предместьях. Таким образом, со всей определённостью можно утверждать, что в большинстве городов главным фактором, негативно влияющим на экологическую ситуацию, сегодня являются уже не промышленные предприятия и не электростанции, как раньше, а транспорт. Правда, бороться с этим мобильным источником загрязнения ещё труднее, чем с дымящими заводскими трубами.

Перспективное направление биотехнологии очистки газов – создание биологически активных сорбентов и оптимизация микробного сообщества (включая генетические методы), окисляющих широкий спектр субстратов (воздухоочистителей).

### **Биологическая рекультивация**

Биологическая рекультивация заключается в искусственном создании растительных покровов различного вида и включает механическую подготовку поверхностного слоя почвы, внесение в неё удобрений, посев многолетних трав. Механическая обработка нарушенных земель заключается в рыхлении поверхностного слоя участка на глубину не менее 0,2 м. Для повышения плодородия обработанного слоя вносят минеральные и органические удобрения. Засеивать участки следует многолетними травами семейства злаковых. В качестве стимуляторов роста рекомендуется применять сложные удобрения, в состав которых входят азот, фосфор и калий. При биорекультивации используются микроорганизмы, разрушающие нефть и нефтепродукты, а также биокомпосты и нефтесорбенты. В качестве доступного сорбента могут быть использованы отходы рисоэлевых заводов. Рисовая шелуха – легко доступный и перспективный сорбент. В связи с этим представляют интерес разнообразные растительные отходы сельского хозяйства, пищевой и деревообрабатывающей промышленности (лом древесноволокнистых плит, опилки, шелуха овса, гречки, куриные перья и др.), поскольку они являются весьма дешёвыми, доступными и распространёнными сорбентами.

1. Преимущество – экологическая безопасность. Поэтому предлагаемый метод, не требующий энергетических затрат, оборудования, технологических установок, является более перспективным.

2. Рисовая шелуха, будучи кремнийорганическим полимером растительного происхождения, не горит, не гниет и непригодна для корма скота, поэтому ее использование в качестве биокомпоста, необходимого для биодegradации нефтепродуктов, существенно снижает загрязнение окружающей среды вблизи рисоочистительных заводов.

### **Биотехнология очистки вод**

Биологическая очистка природных и сточных вод в настоящее время достаточно изученный и широко применяемый метод, значение и роль которого со временем будут только возрастать в связи с требованиями экологичности и экономичности современных видов производств.

Однако такой способ в его настоящем применении позволяет разрушить только относительно простые органические и аммонийные соединения, так называемые «биологические мягкие». Неорганически восстановленные (сульфиды, сульфиты, нитриты и др.) соединения, токсины, комплексные соединения и сложные органические молекулы, удаляемые лишь частично при такой технологии, относятся к «биологическим жестким» органическим и аммонийным соединениям. Присутствие таких веществ как в очищенных сточных водах, так и в осадках и илах представляет угрозу для окружающей природной среды. Поэтому разработка методов детоксикации таких загрязне-

ний – текущая и перспективная задача биотехнологии очистки вод. Загрязнение биосферы вследствие выброса ксенобиотиков и других вредных соединений, почти не включаемых в циклы углерода, азота, фосфора и серы, приводит к необратимым из-за кумуляции изменениям в генофонде.

Среди ксенобиотиков большое распространение имеют гербициды и пестициды, представляющие галогеносодержащие соединения и попадающие в водоемы из почвы и атмосферы. Если не применять специальные адсорбционные мембранные технологии или озонирование, то существующие станции очистки природных вод для хозяйственных целей не обеспечат удаления ксенобиотиков. Это обстоятельство ставит проблему предварительной очистки природных вод от ксенобиотиков, которая может быть решена путем экологизации или прекращения выпуска соответствующих препаратов, или способами биотехнологии.

Для обеспечения стандартов качества очищенных вод, соответствующих нормативам ВОЗ, современными приёмами биотехнологии являются:

- селекция и конструирование искусственных микробных ассоциаций;
- совершенствование иммобилизационных комплексов;
- ферментативный катализ;
- физико-химические воздействия;
- генно-инжиниринговые комбинации.

Селекция и конструирование искусственных микробных ассоциаций заключается в поиске, выделении активных культур, штаммов, исходя из их способности использовать те или иные ксенобиотики по прямому метаболизму или в условиях соокисления (кометаболизма) с последующим внесением их в качестве посевного материала в биореакторах. Иммобилизация – это процесс, при котором клетки (ферменты) прикрепляются к какой-либо поверхности так, чтобы их гидродинамические характеристики отличались от показателей среды обитания. При этом достигаются следующие положительные эффекты:

- сохранение практически постоянной биомассы в биореакторе за счёт отсутствия выноса её с потоком очищаемой жидкости;
- создание пространственной сукцессии (распределения) микроорганизмов по ходу движения жидкости с четким регулированием процесса;
- рост производительности, что уменьшает объём биореакторов;
- повышение устойчивости системы к неравномерности поступления сточных вод;
- регулирование процесса по составу носителей.

Ферментативный катализ заключается в воспроизводстве определённого вида ферментов или их препаратов для биодеструкции конкретного ксенобиотика и проведения процесса в биореакторах. При этом скорость возрастает на 2–3 порядка, что позволяет уменьшить объём биореактора. К физико-химическим воздействиям относится интенсификация процесса биодеструкции загрязнения путём мутации штаммов за счёт физических воздействий (ультразвук, ультрафиолетовые излучения, радиационное воздействие, высокочастотное электромагнитное облучение, омагничивание) или химических воздействий (нитрозоамины, сильные окислители и пр.). Мутация штаммов повышает эффект очистки сточных вод на 50–70 %. Однако требуется периодическая обработка биомассы, так как мутированные признаки со временем снижаются.

Более эффективным и перспективным методом очистки вод с заданными деструктивными свойствами является генно-инжиниринговый. Он заключается в использовании методов рекомбинантной ДНК: соединений определённых катаболических последовательностей специфических генов, ответственных за деструкцию какого-либо звена молекулы ксенобиотика, обеспечивающего его устойчивость. Введение в гены быстрорастущих штаммов позволяет получить эффективные культуры, которые после помещения в биореакторы обеспечивают эффективную детоксикацию вод.

### ***Биотехнология переработки отходов растительности***

Отходы растительности – это не подлежащие утилизации по экономическим, экологическим и санитарно-гигиеническим соображениям клетчаткосодержащие остатки: листья; ботва свеклы, моркови, картофеля; листья капусты; очистки картофеля; образующиеся в больших количествах в стеблях зерновых.



Локально, в небольших объёмах эти отходы утилизируют, например, ботва свеклы и рубленая солома идут на корм скоту. Солома после химической обработки служит сырьём для производства дрожжей, из которых получают белковые корма. В сельском хозяйстве солому частично используют как подстилку скоту. Однако в больших количествах отходы растительности сжигают или вывозят на свалку, загрязняя тем самым ОПС.

Наиболее рациональный и сравнительно дешёвый способ переработки отходов растительности – это компостирование.

Компостирование позволяет получить ценный продукт для внесения в почву в качестве удобрения. Одновременно компостирование является процессом очистки, делающим низкоактивные отходы более безвредными для ОПС. Гуммифицированные продукты после внесения в почву быстро приходят в равновесие с экосистемой, не вызывая серьезных нарушений в ней.

Помимо остатков растительности компостировать можно городской мусор, сырой осадок и активный ил станций аэрации, измельченные автомобильные покрышки и др.

Важными параметрами процесса компостирования являются: соотношение углерода, азота и фосфора, влажность, дисперсность, рН, аэрация, размер бурта.

Исходное сырьё для компостирования необходимо освободить от металла, стекла, пластмассы. Дисперсность частиц для компостирования не должна препятствовать аэрации и отводу углекислоты. Соотношение углерода к азоту в оптимальных условиях составляет 25:1–30:1, а фосфора – около 1:2. В качестве добавок, увеличивающих скорость процесса компостирования, применяют активный ил, компост, древесную щепу, опилки, солому. Оптимальная влажность 50–60 %, температура 55 °С. Парциальная составляющая газовой среды должна быть не менее 30 %. Аэрация снабжает микроорганизмы кислородом, отводит воду, теплоту, углекислоту. Перемешивание предотвращает образование анаэробных зон, слеживаемость и рекомендуется проводить не реже 3–4 раз за весь процесс. Время компостирования 4–20 сут. в автоматизированных установках (вращающихся) и до 3 месяцев – в стационарных (буртах). При компостировании высота бурта не должна превышать 1,5 м, ширина бурта – 2,5 м, длина не ограничена.

Состав готового компоста зависит от исходного сырья и усреднённо содержит следующие компоненты:

- органическое вещество – 75–80 %;
- углерод – 8–50;
- азот – 0,4–3,5;
- фосфор – 0,1–1,6;
- калий – 0,4–1,6;
- кальций (в виде CaO) – 0,7–1,5 %.

Важным результатом является практически полная непатогенность компоста, внесение которого рекомендуется в зависимости от климатических условий осуществлять 1 раз в 3–4 года из расчёта 8–15 тонн/га.

### **Биотехнология охраны земель**

Загрязнённость почв неорганическими ионами и нехватка полезных органических, избыток пестицидов и других вредных минеральных добавок снижают урожайность и качество сельскохозяйственных культур, а также приводят к эрозии и дефляции почвы. При этом традиционные удобрения и методы внесения их в почву весьма затратны. (По мнению специалистов США, на производство стакана молока необходимо расходовать в настоящее время стакан дизтоплива).

Вместе с тем имеются безграничные возобновляемые ресурсы удобрений, содержащие необходимые питательные элементы для сельхозкультур, и близкие, а иногда и превышающие по качеству органические удобрения (например, осадки сточных вод станций аэрации). Широкому применению их в сельском хозяйстве препятствуют бактериальная заражённость и содержание тяжелых металлов. Если первое препятствие (технически и организационно) в целом разрешимо, то второе требует новых подходов, основанных на биотехнологических приёмах.

В настоящее время в РФ и за рубежом проводится большая работа по селекции и получению методами генетической инженерии микроорганизмов, способных при внесении их в почву вместе с осадками продуцировать полимеры, переводящие тяжелые металлы в неподвижные формы, и осуществляющие одновременно процесс азотфиксации (усвоение атмосферного азота).

Уже не одно десятилетие насчитывает опыт применения красного калифорнийского червя для получения биологически ценного удобрения (биогумуса) из клетчатко-содержащих и широкого спектра органических отходов, а также для улучшения структуры почв, аэрирования. Прошедший через червя гумус обогащён всеми необходимыми аминокислотами, микроэлементами.

Одним из наиболее распространённых и стойких загрязнений земель является нефть. Естественная микрофлора, адаптируясь, способна разрушить загрязнения такого типа. Смещение загрязнённой нефтью почвы с измельченной сосновой корой ускоряет на порядок скорость разрушения нефти за счет способности микроорганизмов, существующих на поверхности коры, к росту сложных углеводов, входящих в состав сосновой смолы, а также адсорбции нефтепродуктов корой. Такой биотехнологический приём получил название «микробное восстановление загрязнённой нефтью почвы».

Не менее перспективным и эффективным является бактериальный препарат «Путидойл», промышленный выпуск которого освоен в г. Бердске Новосибирской области. Препарат представляет собой лиофилизированную (высушенную при низких температурах под вакуумом) и дезинтегрированную клеточную массу бактерий рода *Pseudomonas putida*. Параметры и технология выращивания клеточной массы бактерий являются коммерческим секретом, ноу-хау авторов, но эффект огромный. Внесение путидойла на загрязнённые места (территории) с нефтью и нефтепродуктами позволяет через 1–2 месяца (2–3 недели на спец. площадках, 5–10 дней в ёмкости) полностью разрушить загрязнения до конечных продуктов (воды и углекислоты) и восстановить естественные свойства почв.

### ***Биотехническая очистка почв от нефти и нефтепродуктов***

Добыча природных ископаемых, нефти сопряжена с разрушением почвенного покрова и загрязнением природных ландшафтов, что связано с использованием большегрузной техники и неизбежным попаданием на землю нефти, нефтепродуктов и сопутствующих вредных веществ. Интенсивное использование нефтепродуктов в промышленности также вызывает экологические проблемы, связанные с загрязнением почвы и воды. Загрязнение почвы и водоемов любыми типами нефтепродуктов является настоящей экологической катастрофой экосистемы: меняются соотношения между отдельными группами микроорганизмов, изменяется направление метаболизма, подавляются жизненно важные процессы дыхания и самоочищения. Отравленные нефтью почва и вода практически не способны самостоятельно очиститься от нефтяного загрязнения – естественное разложение нефти и нефтепродуктов в обычных условиях происходит крайне медленно т.к. повышенные концентрации углеводов подавляют всякую самоочищающую активность почвы и воды, в экосистеме накапливаются трудноокисляемые продукты, серьезно препятствующие самоочищению и самовосстановлению. Что же делать, если разлив нефти всё-таки случился? Каким образом очистить и оживить природу, подвергшуюся нефтяному удушью? Восстановление жизненных процессов зависит от способностей почвы и воды перерабатывать органику (к каковой относятся углеводороды нефти) в безвредные для окружающей среды легкоусвояемые продукты метаболизма. Как уже упоминалось, нефть и ее продукты, являясь тяжелыми, трудно-окисляемыми, и токсичными веществами, серьезно подавляют самоочистительные способности почвы и воды – места нефтяных разливов на многие годы остаются участками безжизненной суши или мертвыми водоемами. И все же, процессы разрушения и разложения нефтяных загрязнителей в природе идут – в основном за счёт содержащихся в почве и воде микроорганизмов обладающих способностью извлекать из углеводов энергию необходимую для строительства новых колоний и их жизнедеятельности. Природа создала мудрую экологичную систему, настроенную на самоочищение, которая, однако, не в состоянии противостоять темпам и

масштабам интенсивного техногенного загрязнения – естественные концентрации полезных микроорганизмов в природе не могут быстро переработать масштабные и глубокие загрязнения. Современные же темпы развития нефтедобычи и нефтепереработки требуют эффективных методов, позволяющих в короткие сроки нейтрализовать последствия воздействия на почву и водоемы нефти, мазута, солянки, дизтоплива, бензина.

Задача многократной активизации и ускорения процессов биологического разрушения углеводов нефти в воде и почве, блестяще решена разработчиками средства биологической очистки почвы и воды Микрозим<sup>tm</sup> Петро Трит. Внесение в загрязнённый нефтью участок почвы или воды специально выделенных из почвы и селекционированных микроорганизмов размноженных в форме готового к использованию биопрепарата, обеспечивает интенсификацию микробиологической активности почвы и воды по разрушению углеводов нефти в десятки раз, что позволяет в предельно сжатые сроки нейтрализовать нефть как опасный загрязнитель, превратив её в безвредные для окружающей среды продукты жизнедеятельности бактерий – CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, летучие вещества. С уменьшением в почве и воде концентрации нефтяных углеводов интенсифицируется самоочищение – увеличение численности физиологических групп полезных микроорганизмов, что связано со снижением токсического действия нефти и нефтепродуктов. Как показывают многочисленные исследования по изучению влияния биопрепарата на почвенные процессы, применение микроорганизмов многократно интенсифицирует метаболизм нефтезагрязнённых почв, сокращая время полного разложения нефти на безопасные для окружающей среды вещества до нескольких месяцев.

Экологическое действие биопрепарата Микрозим<sup>tm</sup> Петро Трит) на загрязнённый нефтепродуктами участок земли заключается в непрерывной биологической деструкции нефтяных углеводов живыми (углеводородоокисляющими) микроорганизмами, имеющими в природе наилучшую способность к метаболизации нефтяных углеводов и продуктов их разложения в качестве источника энергии жизнедеятельности с образованием воды и углекислого газа, Этим обеспечивается биологическая очистка почвы и воды от загрязнения углеводородами и нейтрализуется эко-токсическое действие промежуточных продуктов разложения углеводов на окружающую среду. В течение 12–24 часов при наличии благоприятных условий углеводородоокисляющие микроорганизмы (УОМ) активизируются, начинается необратимый процесс разложения нефтяных углеводов, завершающийся метаболизацией до >90 % массы входящих в состав углеводородного загрязнителя (общие нефтепродукты) фракций до экологически нетоксичных продуктов метаболизма: углекислого газа, воды, биоразлагаемой массы нетоксичной непатогенной полезной почвенной микрофлоры, гумуса. УОМ в составе препарата для жизнедеятельности используют тяжелые и легкие фракции нефтяных углеводов, биогенные элементы азота, фосфора. Не обеспеченная питанием масса углеводородоокисляющих микроорганизмов отмирает и метаболизируется активизирующейся аборигенной микрофлорой.

Эффективность биодеструкции нефтяного загрязнения. Степень загрязнения почвы нефтепродуктами выражается в миллиграммах нефтепродукта на килограмм почвы (мг/кг) или в процентном соотношении – нефтяное загрязнение почвы в 10 000 мг/кг. соответствует 1 % нефтяного загрязнения. Эффективность очистки почвы определяется как снижение массовой доли нефтепродукта в почве после завершения очистки по отношению к исходной степени загрязнения и выражается в %. При бездифицитном питании клеток препарата эффективность очистки составляет >90 %. Скорость очистки зависит от начального уровня загрязнённости почвы нефтяными углеводородами, температуры окружающего воздуха. При соответствии условий очистки настоящей инструкции эффективность и скорость очистки соответствует таблице 1.

В работах по рекультивации земель биопрепарат Микрозим<sup>tm</sup> Петро Трит должен применяться для биологической очистки почвы от нефтяного загрязнения на месте загрязнения или для рекультивации нефтешлам на специально оборудованных площадках. Допустимый pH среды в пределах 4 до 10. Температура окружающего воздуха +5 °C до +50 °C, оптимальная +10 до +40 °C. Если температура окружающего воздуха опускается ниже +5 °C, рост бактерий замедляется вплоть до полной останов-

ки биологической активности, формирования спор и перехода в спящее состояние. Влажность очищаемой почвы, нефтешламов должна быть не менее 30 %, оптимально 50–70 %. Оптимальное для бездефицитного питания клеток препарата соотношение углерода: азота: фосфора (C:N:P) в пределах = 100:20:5 до 100:5:1. Готовая форма препарата уже содержит соли и органоминеральную подкормку в оптимальном для роста бактерий соотношении. Внесение дополнительной подкормки может потребоваться в при рекультивации высококонцентрированных нефтяных загрязнений и нефтешламов с концентрацией нефтепродукта >40 %. Рекомендуется использовать доступные минеральные подкормки: Мочевина + суперфосфат в соотношении N/P 20/5–5/1: 5 кг + 1 кг/1 га почвы, 1 + 0,2 кг/1 м<sup>3</sup> почвы, Азотно-фосфорное удобрение NP (N/P 33/5) (ТУ 2186-002-0009438-00): 3–5 кг/1 га почвы, 0,5–1 кг/м<sup>3</sup> почвы. К препарату также поставляется специально разработанная органоминеральная подкормка Нутризим<sup>tm</sup>.

**Таблица 1** – Процентное соотношение снижения нефтяного загрязнения в зависимости от степени загрязнения почвы нефтепродуктами

Снижение нефтяного загрязнения в %	Степень загрязненности почвы нефтепродуктами		
	низкая 1–5%	средняя 5–10%	высокая 30–100%
30%	в течение 7* суток	в течение 15* суток	в течение 30* суток
40%	в течение 12* суток	в течение 25* суток	в течение 50* суток
50%	в течение 25* суток	в течение 50* суток	в течение 84* суток
60%	в течение 40* суток	в течение 60** суток	в течение 112** суток
70%	в течение 68** суток	в течение 90** суток	в течение 140** суток
до 98%	в течение 100*** суток	в течение 130*** суток	в течение 200*** суток

Примечания:

\* однократная обработка препаратом без дополнительной подкормки;

\*\* двукратная обработка препаратом с дополнительной подкормкой;

\*\*\* троекратная обработка с дополнительной подкормкой

Ещё одна из технологий, успешно применяемая в ряде регионов России, – микробиологическая очистка почв, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами, с помощью биопрепарата «Микромицет» (микробиоты). Применение технологии обеспечивает экологически безопасную очистку почв до глубины 1,5 м. Микроскопические грибы препарата «Микромицет», внесённого в почвы, полностью разлагают все виды нефти и нефтепродуктов, включая топочные мазуты, и другие вещества, содержащие углеводороды (в том числе трудно разрушаемые) до образования полезной для почв и экологически безопасной биомассы (гуминоподобные вещества), повышающие плодородие и продуктивность почв. Препарат может быть использован для очистки водоемов от нефти и нефтепродуктов путём распыления на загрязнённую водную поверхность. В результате разложения нефти и нефтепродуктов на поверхности образуется экологически безопасная биомасса. Возможно также использование препарата для очистки дождевых, талых и поливочных вод в отстойниках очистных сооружений и в некоторых технологических процессах добычи нефти. Препарат может применяться для очистки фенолов, крезолов, пиренов и других веществ, имеющих в своей структуре бензольные кольца.

В зависимости от степени деградации нефти в почве и её состава, принципы выбора приёмов и методов рекультивации должны быть различными. В настоящее время существует большое количество методов, с помощью которых снижают и ликвидируют загрязнения нефтью и нефтепродуктами.

Технология рекультивации включает в себя четыре основных этапа очистки. На первом этапе очистка проводится с использованием механических методов очистки почвы от нефти и нефтепродуктов. К ним относят обваловку загрязнения, замену почвы и откачку нефти в ёмкости.

Эти первичные мероприятия необходимы при крупных разливах нефти и нефтепродуктов, их осуществляют с помощью специального оборудования. Удаление

нефти с поверхности почвы проводится с помощью специальных насосов. Сгребание загрязнённого слоя осуществляется бульдозерами, экскаваторами, автомашинами или тракторами, после чего происходит захоронение слоя почвы, загрязнённого нефтью. При этом возникает проблема с выбором места их расположения, так как они становятся источниками вторичного загрязнения.

На втором этапе применяют физико-химические методы: промывку почвы, сорбцию нефти и нефтепродуктов с поверхностного почвенного слоя, электрохимическую очистку почвы и т.д. Промывку почвы проводят в специальных установках (например, в промывных барабанах) с применением моющих веществ, детергентов, затем промывные воды отстаиваются в гидроизолированных прудах или емкостях, где впоследствии проводят их разделение и очистку. Среди способов промышленной очистки грунтов большая роль отводится электрохимическому способу. Он основан на использовании поля постоянного электрического тока и предполагает использование специальных устройств для очистки почвы.

На третьем этапе используются биологические методы, включающие применение гуминовых кислот, микроорганизмов (МО) и биотехнологии для очистки от нефтяных загрязнений. В литературных источниках рассмотрены разработки различных фирм в области применения МО и биотехнологии для очистки от нефтяных загрязнений.

Применение этих методов способствует росту численности и активности МО, участвующих в разложении углеводородов нефти, которые после нанесения их на очищаемую поверхность прикрепляются к пленке нефти на разделе фаз «нефть – вода» и включаются в процесс биодegradации углеводородов до полного исчезновения компонентов нефти. Поэтому обработка нефтезагрязнённых почв активными штаммами нефтеокисляющих МО считается наиболее перспективным методом борьбы с нефтяными загрязнениями. Применение гуминовых кислот (важнейшей части гумуса, которая определяет основные свойства почв и их плодородие) также дает хороший экологический эффект, который заключается в быстром восстановлении естественных гео-биохимических процессов, поскольку гуминовые вещества обеспечивают устойчивость биосферы к интенсивному антропогенному воздействию.

На четвертом этапе применяют агротехнические приёмы: рыхление, внесение минеральных удобрений, химическую мелиорацию и посев трав (фитомелиорацию). С их помощью можно ускорить процесс самоочистки загрязнённых нефтью почв с помощью углеводородокисляющих микроорганизмов, входящих в состав естественного микробиоценоза. Так, рыхление загрязнённых почв увеличивает диффузию кислорода, снижает концентрацию углеводородов в почве, обеспечивает разрыв поверхностных пор, насыщенных нефтью, в то же время способствует равномерному распределению компонентов нефти и нефтепродуктов в почве и увеличению активной поверхности взаимодействия. При использовании рыхления создается оптимальный газоздушный и тепловой режим, растёт численность микроорганизмов и их активность, а также увеличивается скорость биохимических процессов. Внесение биогенных элементов в виде минеральных удобрений, а также посев в загрязнённую почву трав с разветвлённой корневой системой способствуют ускорению разложения углеводородов нефти.

## **Заключение**

В последние годы в экологической науке большой интерес проявляется к биотехнологическим методам, основанным на создании необходимых для человека продуктов, явлений и эффектов с помощью микроорганизмов.

Применительно к охране окружающей человека природной среды биотехнологию можно рассматривать как разработку и создание биологических объектов, микробных культур, сообществ, их метаболитов и препаратов путем включения их в естественные круговороты веществ, элементов, энергии и информации.

История биотехнологии насчитывает тысячелетия (хлебопечение, виноделие, сыроделие и т.д.) Однако ежегодно появляются новые прикладные направления биотехнологии, общим подходом для которых является искусственное создание условий для эволюционных, биогеохимических процессов на Земле в виде характера биореакторов,

реализующихся с большой скоростью, оставаясь совместимыми по своим продуктам с окружающей природной средой.

Биотехнология нашла широкое применение в охране природной среды, в частности, при решении следует прикладных вопросов:

- 1) утилизация твёрдой фазы сточных вод и твёрдых бытовых отходов с помощью анаэробного сбраживания;
- 2) биологическая очистка природных и сточных вод от органических и неорганических соединений;
- 3) микробное восстановление загрязнённых почв, получение микроорганизмов, способных нейтрализовать тяжёлые металлы в осадках сточных вод;
- 4) компостирование (биологическое окисление) от растительности (опад листьев, соломы и др.);
- 5) создание биологически активного сорбирующего материала для очистки загрязнённого воздуха.

На транспорте необходимо внедрение экологически чистых видов топлива (газа, неэтилированных бен), устройство каталитического дожигания и сплав вредных веществ, широкое внедрение электрики.

В холодильной технике и технике кондиционирования переходит от хладагентов на базе хлорсодержащих углеводородов (фреонов), разрушающих озоновый слой, к озонобезопасным смесям, состоящим только из фторуглеводородов.

В машиностроении разрабатываются системы водоочистки для гальванических производств, переходящие к замкнутым системам рециркуляции воды и извлечения металлов из сточных вод, в области обработки металлов шире используется получение деталей из пресс-порошков.

В целлюлозно-бумажной промышленности внедряются процессы с низким расходом свежей воды на единицу продукции, применяя замкнутые и бессточные системы промышленного водоснабжения; максимально использующие экстрагирующие соединения, содержащиеся в древесном сырье, для получения целевых продуктов, совершенствуются процессы отбеливания целлюлозы с помощью кислорода и озона; улучшают переработку отходов лесозаготовок биотехнологическими методами в целевые продукты; создаются про мощности по переработке бумажных отходов, в том числе макулатуры.

## Литература:

1. Алиев В.К., Савенок О.В., Сиротин Д.Г. Экологическая безопасность при разработке северных нефтегазовых месторождений. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 128 с.
2. Бородавкин П.П., Ким Б.И. Охрана окружающей среды при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов. – М. : Издательство «Недра», 1981. – 160 с.
3. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Справочник инженера-эколога нефтегазодобывающей промышленности по методам анализа загрязнителей окружающей среды в 3 частях. – М. : Издательство «Недра», 1999. – Ч. I: Вода. – 732 с.
4. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Справочник инженера-эколога нефтегазодобывающей промышленности по методам анализа загрязнителей окружающей среды в 3 частях. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. – Ч. II: Почва. – 632 с.
5. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Справочник инженера-эколога нефтегазодобывающей промышленности по методам анализа загрязнителей окружающей среды в 3 частях. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – Ч. III: Атмосфера. – 391 с.
6. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Промсвещение-Юг», 2011. – 603 с.
7. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. – М. : Издательство «Финансы и статистика», 1995. – 528 с.
8. Современные биотехнологии в охране окружающей среды. – URL : [http://knowledge.allbest.ru/ecology/2c0a65625b2ac78b4c53a88521306d36\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/ecology/2c0a65625b2ac78b4c53a88521306d36_0.html)
9. Ага-заде А.Д., Самедов А.М., Алсафарова М.Э., Акберова А.Ф. Разрушение эмульсионного нефтешлама // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т. 5: Химическая технология и экология в нефтяной и газовой промышленности. – С. 38–40.

10. Адельфинская Е.А., Беляев А.М. Исследование эффективности микробиологической стадии рекультивации нефтезагрязненных земель // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т. 5: Химическая технология и экология в нефтяной и газовой промышленности. – С. 41–45.
11. Алламуратов М.О., Аметов Я.И., Жумабаев Б. Разработка эффективных структурообразователей почв на основе местных и вторичных ресурсов // Булатовские чтения: Материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года) в 5 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 4: Проектирование, сооружение и эксплуатация систем трубопроводного транспорта. Химическая технология и экология в нефтяной и газовой промышленности. – С. 88–91.
12. Аренс В.Ж., Гридин О.М., Яншин А.Л. Нефтяные загрязнения: как решить проблему // Научно-практический рецензируемый журнал «Экология и промышленность России». – М. : Издательство «Калвис», 1999. – № 9. – С. 33–36.
13. Гаибназаров С.Б., Алиев Б.А. Эффективные реагенты для буровых растворов на основе вторичных ресурсов // Булатовские чтения: Материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года) в 5 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 4: Проектирование, сооружение и эксплуатация систем трубопроводного транспорта. Химическая технология и экология в нефтяной и газовой промышленности. – С. 116–117.
14. Кокарев М.О., Семенович С.П. Гидроразрыв пласта как источник эмиссии токсикантов в подземные воды // Булатовские чтения: Материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года) в 5 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 4: Проектирование, сооружение и эксплуатация систем трубопроводного транспорта. Химическая технология и экология в нефтяной и газовой промышленности. – С. 160–164.
15. Королёв В.А., Некрасова М.А., Митоян Р.А. Электрохимическая очистка грунтов от загрязнений // Научно-практический рецензируемый журнал «Экология и промышленность России». – М. : Издательство «Калвис», 1998. – № 8. – С. 11–14.
16. Лушников С.В., Завгороднев К.Н., Бобер В.В. Очистка воды и почвы от нефти и нефтепродуктов с помощью культуры микробов-деструкторов // Научно-практический рецензируемый журнал «Экология и промышленность России». – М. : Издательство «Калвис», 1999. – № 2. – С. 17–20.
17. Марченко Л.А. Стратегические приоритеты химической технологии в решении прикладных задач нефтегазового комплекса // Булатовские чтения: Материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года) в 5 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 4: Проектирование, сооружение и эксплуатация систем трубопроводного транспорта. Химическая технология и экология в нефтяной и газовой промышленности. – С. 183–185.
18. Мурыгина В.П., Аринбасаров М.У., Калюжный С.В. Очистка водной поверхности и грунтов от нефтяных загрязнений биопрепаратом «Роден» // Научно-практический рецензируемый журнал «Экология и промышленность России». – М. : Издательство «Калвис», 1999. – № 8. – С. 16–19.
19. Поварова Л.В. Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – № 1. – С. 189–205.
20. Поварова Л.В. Рациональное использование производственных сточных вод // Актуальные вопросы охраны окружающей среды: сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции (17–19 сентября 2018 года, Белгород). – Белгород : Издательство Белгородского государственного технологического университета, 2018. – Секция 2: Очистка природных и сточных вод. – С. 160–167.
21. Савенок О.В., Поварова Л.В., Березовский Д.А. Перспективы использования физико-химического и математического моделирования для разработки высокоэффективной комплексной технологии очистки и подготовки пластовых вод // Научно-практический рецензируемый журнал «Экология и промышленность России». – М. : Издательство «Калвис», 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 66–71.
22. Стабникова Е.В., Рева О.Н., Иванов В.Н. Выбор активного микроорганизма-деструктора углеводородов для очистки нефтезагрязнённых почв // Прикладная биохимия и микробиология. – 1995. – Т. 31. – № 5. – С. 534–539.
23. Трофимова А.Е., Алексеева М.Н., Парфенова Г.К., Боровик А.И. Оценка воздействия нефтедобывающего предприятия на приземный слой атмосферы // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах : сборник статей / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т. 5: Химическая технология и экология в нефтяной и газовой промышленности. – С. 299–303.

**References:**

1. Aliyev V.K., Savenok O.V., Sirotin D.G. Environmental safety when developing northern oil and gas fields. – M. : Infra-Inzheneriya, 2019. – 128 p.
2. Borodavkin P.P., Kim B.I. Environmental protection at construction and operation of the main pipelines. – M. : Nedra publishing house, 1981. – 160 p.
3. Bulatov A.I., Makarenko P.P., Shemetov V.Yu. The reference book by the environmental engineer of oil and gas industry on methods of the analysis of pollutants of the environment in 3 parts. – M. : Nedra publishing house, 1999. – Part I: Water. – 732 p.
4. Bulatov A.I., Makarenko P. P., Shemetov V.Yu. The reference book by the environmental engineer of oil and gas industry on methods of the analysis of pollutants of the environment in 3 parts. – M. : LLC Nedra-Businesscentre, 1999. – Part II: Soil. – 632 p.
5. Bulatov A.I., Makarenko P.P., Shemetov V.Yu. The reference book by the environmental engineer of oil and gas industry on methods of the analysis of pollutants of the environment in 3 parts. – M. : LLC Nedra-Businesscentre, 2002. – Part III: Atmosphere. – 391 p.
6. Bulatov A.I., Voloshchenko E.Yu., Kusov G.V., Savenok O.V. Ecology at construction of oil and gas wells : manual for students of higher education institutions. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 603 p.
7. Protasov V.F., Molchanov A.V. Ecology, health and environmental management in Russia. – M. : Finance and Statistics publishing house, 1995. – 528 p.
8. Modern biotechnologies in environmental protection. – URL : [http://knowledge.allbest.ru/ecology/2c0a65625b2ac78b4c53a88521306d36\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/ecology/2c0a65625b2ac78b4c53a88521306d36_0.html)
9. Aga-zade A.D., Samedov A.M., Alsafarova M.E., Akberova A.F. Destruction of emulsion oil slime // Bulatovskiyе of reading: materials II of the International scientific and practical conference (on March 31, 2018) in 7 volumes : the collection of articles / under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2018. – T. 5: Chemical technology and ecology in the oil and gas industry. – P. 38–40.
10. Adelfinskaya E.A., Belyaev A.M. Research of efficiency of a microbiological stage of recultivation of petrocontaminated land // Bulatovskiy readings: materials II of the International scientific and practical conference (on March 31, 2018) in 7 volumes : the collection of articles / under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2018. – T. 5: Chemical technology and ecology in the oil and gas industry. – P. 41–45.
11. Allamuratov M.O., Ametov Ya.I., Zhumabayev B. Development of effective strukturo-obrazovatel of soils on the basis of local and secondary resources // Bulatovskiy readings: Materials I of the International scientific and practical conference (on March 31, 2017) in 5 volumes : the collection of articles / under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 4: Design, construction and operation of systems of pipeline transport. Chemical technology and ecology in the oil and gas industry. – P. 88–91.
12. Arens V.Zh., Gridin O.M., Yanshin A.L. Oil pollution: how to solve a problem // the Scientific and practical reviewed «Ekologiya I Promyshlennost Rossii» magazine. – M. : Kalvis publishing house, 1999. – № 9. – P. 33–36.
13. Gaibnazarov S.B., Aliyev B.A. Effective reagents for drilling muds on a basis of secondary resources // Bulatovskiy readings: Materials I of the International scientific and practical conference (on March 31, 2017) in 5 volumes : the collection of articles / under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 4: Design, construction and operation of systems of pipeline transport. Chemical technology and ecology in the oil and gas industry. – P. 116–117.
14. Kokarev M.O., Semyonovich S.P. Layer hydraulic fracturing as a source of issue of toksikan-t in underground waters // Bulatovskiy readings: Materials I of the International scientific and practical conference (on March 31, 2017) in 5 volumes : the collection of articles / under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 4: Design, construction and operation of systems of pipeline transport. Chemical technology and ecology in the oil and gas industry. – P. 160–164.
15. Korolev V.A., Nekrasova M.A., Mitoyan R.A. Electrochemical purification of soil of pollution // the Scientific and practical reviewed «Ekologiya I Promyshlennost Rossii» magazine. – M. : Kalvis publishing house, 1998. – № 8. – P. 11–14.
16. Lushnikov S.V., Zavgorodnev K.N., Bober V.V. Water purification and soils from oil and oil products by means of the culture of microbes destructors // the Scientific and practical reviewed «Ekologiya I Promyshlennost Rossii» magazine. – M. : Kalvis publishing house, 1999. – № 2. – P. 17–20.
17. Marchenko L.A. Strategic priorities of chemical technology in the solution of applied problems of an oil and gas complex // Bulatovskiyе of reading: Materials I of the International scientific and practical conference (on March 31, 2017) in 5 volumes : the collection of articles / under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 4: Design, construction and operation of systems of pipeline transport. Chemical technology and ecology in the oil and gas industry. – P. 183–185.



18. Murygina V.P., Arinbasarov M.U., Kalyuzhny S.V. Cleaning of a surface of the water and soil of oil pollution with a biological product of Rodin // the Scientific and practical reviewed «Ekologiya I Promyshlennost Rossii» magazine. – M. : Kalvis publishing house, 1999. – № 8. – P. 16–19.

19. Povarova L.V. Analysis of methods of purification of oil-containing sewage // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2018. – № 1. – P. 189–205.

20. Povarova L.V. Rational use of production sewage // Topical issues of environmental protection: collection of reports of the All-Russian scientific and technical conference (on September 17–19, 2018, Belgorod). – Belgorod : Publishing house of the Belgorod state technological university, 2018. – Section 2: Cleaning natural and sewage. – P. 160–167.

21. Savenok O.V., Povarova L.V., Berezovsky D.A. The prospects of use of physical and chemical and mathematical modeling for development of highly effective complex technology of cleaning and preparation of reservoir waters // the Scientific and practical reviewed «Ekologiya I Promyshlennost Rossii» magazine. – M. : Kalvis publishing house, 2019. – T. 23. – № 3. – P. 66–71.

22. Stabnikova E.V., Reva O.N., Ivanov V.N. The choice active mikroorganizma-destruktorov of hydrocarbons for cleaning of the petropolluted soils // Applied biochemistry and microbiology. – 1995. – T. 31. – № 5. – P. 534–539.

23. Trofimova A.E., Alekseeva M.N., Parfyonova G.K., Borovik A.I. Otsenk's Boletus of impact of oil-producing enterprise on a prizemny layer of the atmosphere // Bulatovsky readings: materials II of the International scientific and practical conference (on March 31, 2018) in 7 volumes : the collection of articles / under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : The publishing house is the South, 2018. – T. 5: Chemical technology and ecology in the oil and gas industry. – P. 299–303.