

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А.

*Казанский государственный технологический университет, г. Казань
Научно-технологический центр «Природные битумы»*

Разработка нефтяных месторождений связана с образованием значительного количества нефтемаслосодержащих отходов - нефтешламов, накапливающихся в открытых прудах, бесполезно занимающих большие площади земли, являющихся источниками загрязнения поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха и окружающей среды в целом. Централизованный сбор, переработка и утилизация имеющихся и вновь образующихся нефтешламов на нефтепромысловых объектах, ликвидация нефтешламовых прудов обеспечивает оздоровление окружающей природной среды, предотвращение загрязнения поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха в регионе и возврат земельных площадей для производственного и сельскохозяйственного использования, которое приносит на данный момент 10% валового национального продукта Саудовской Аравии. А учитывая уровень добычи на месторождениях Gahwar и Safaniya (порядка 10 млн. баррелей/день), разрабатываемых компанией Saudi Aramco, проблема утилизации нефтешламов становится гораздо более актуальной.

В качестве объекта переработки были выбраны нефтезагрязненные почвы, содержащие нефти Saudi Light Crude месторождений **Gahwar** и **Safaniya**, относящихся к крупнейшим месторождения мира.

Нефти, добываемые на этих месторождениях, имеют следующие физико-химические показатели:

API GRAVITY	33 - 34
SEDIMENT CONTENT	0.1
ASTM STABILISED GRAVITY	34.5
WAX — WT PERCENT	2.9
VANADIUM PPM V200	11.0
GROSS HEATING VALUE	19.23
REID VAPOUR PRESSURE	2.0
SALT CONTENT, PPM NaCl	3.8
SULPHUR, WT PERCENT	1.5 MAX
ASH, PPM	1.0
COMP, CARBON RESIDUE, WT PERCENT	3.1
VISCOSITY, CP	55.0
POUR POINT	35.0

Анализ особенностей рассматриваемых нефтей, а именно структурно-группового и дисперсного состава, позволил определить следующий вариант очистки нефтезагрязненных почв.

Очистка нефтезагрязненных почв в рассматриваемой технологии представляет собой процесс двухступенчатого извлечения нефти с поверхности загрязненной почвы:

- На первой ступени происходит взаимодействие нефтезагрязненной почвы с модифицированными нефтяными дистиллятами.

Нефтезагрязненная почва это дисперсная система с большой поверхностью границ раздела фаз нефти, воды, газа и почвы. Поэтому извлечение нефти с поверхности почв, в значительной мере определяются молекулярно-поверхностными явлениями, происходящими на поверхности контакта взаимодействующих фаз. Если энергия адгезии нефти к твердой поверхности больше энергии когезии молекул нефти, то в процессе образования нефтешламов на границе раздела фаз в нефтезагрязненной почве наибольшее значение имеет процесс адсорбции активных компонентов нефти (нафтенные кислоты, АСВ, металлопорфириновые комплексы) на поверхности почвы. С этим процессом, прежде всего, связана гидрофобизация поверхности, а, следовательно, невозможность отмывания нефти с поверхности почвы простой водой. При этом структура сформированного адсорбционного слоя следующая. В первую очередь адсорбируются асфальтены с наименьшей молекулярной массой, имеющие в своем составе большое количество металлопорфириновых комплексов. Связи металлопорфириновых комплексов с высокомолекулярными соединениями нефти настолько прочны, что, адсорбируясь на границах раздела фаз нефть – почва, металлопорфириновые комплексы увлекают за собой асфальтены и смолы, которые являются стабилизаторами адсорбционных слоев. Причем по мере приближения к твердой поверхности молекулярная масса смол возрастает, тогда, как молекулярная масса асфальтенов уменьшается. При рассмотрении кинетики структурообразования можно наблюдать две стадии в процессе формирования структуры нефтяной пленки. В конце первой стадии на базе адсорбционного слоя образуется пространственный каркас коагуляционной структуры, подобный обычным тиксотропным структурным сеткам (клеточным структурам), в которых агрегаты макромолекул связаны ван-дер-ваальсовыми силами. Коагуляционный характер структуры на этой стадии подтверждается ее полной обратимостью при механическом разрушении. Продолжительность этой стадии находится в прямой зависимости от величины расстояния между частицами почвы при формировании нефтешлама и уменьшается с увеличением содержания асфальтенов в нефти. На протяжении второй стадии происходит процесс упрочнения структуры.

Образование адсорбционного слоя ведет к построению на его основе аномального граничного слоя нефти, вязкость которого на порядок выше вязкости нефти в объеме, а толщина в ряде случаев достигает 5-20 мкм.

Таким образом, кинетика процесса фильтрации жидкостей в пористой среде (почве) определяется молекулярной природой поверхности почвы, а также молекулярно-поверхностными и физико-химическими свойствами нефти и вытесняющего агента.

В связи с этим авторами были подобраны такие модифицирующие агенты и нефтяные дистилляты, совокупность которых позволила бы преодолеть силы адгезии нефтяных компонентов на поверхности почвы и способствовать наиболее полной десорбции нефти из почвы в соответствии со следующим механизмом:

1. Сольватация нефтяными дистиллятами поверхности адсорбционного слоя нефти.

2. Снижение межфазного натяжения на границе нефть – почва, смачивание нефтяных компонентов, адсорбированных на поверхности почвы.

3. Десорбция нефтяных компонентов с поверхности почвы и локализация их в объеме нефтяных дистиллятов.

Контроль за полнотой десорбции нефти с поверхности почвы ведется по разработанной экспресс-методике, оформление которой возможно как в ручном, так и в автоматическом режиме.

- На второй ступени происходит взаимодействие почвы с содержанием модифицированных нефтяных дистиллятов с подготовленной водой с последующей передачей очищенной от нефти и нефтяных дистиллятов почвы на рекультивацию.

После удаления высоковязких и полярных компонентов нефти с поверхности почвы адсорбционный слой из остаточных модифицированных нефтяных дистиллятов десорбируется с помощью подготовленной воды при условиях минимального межфазного натяжения на границе вода – остаточные модифицированные нефтяные дистилляты и максимального смачивания их частицами подготовленной воды. Механизм извлечения остаточных модифицированных нефтяных дистиллятов аналогичен механизму первой стадии с соответствующей заменой контактирующих фаз. Как и после первой ступени, контроль за полнотой десорбции остаточных модифицированных нефтяных дистиллятов с поверхности почвы ведется по разработанной экспресс-методике, оформление которой возможно как в ручном, так и в автоматическом режиме

Разработанная технология очистки нефтезагрязненных почв протекает по следующим этапам:

Первая ступень

1. Загрузка модифицированных нефтяных дистиллятов
2. Включение режима барботажа с помощью высокодисперсного носителя
3. Загрузка загрязненной почвы
4. Отмывание нефти с поверхности нефтезагрязненной почвы
5. Слив нефтяных дистиллятов, насыщенных нефтью

6. Оценка степени извлечения нефти с поверхности почвы

По разработанной методике, функционирующей в течение нескольких лет, оценивается остаточное содержание нефти на поверхности почвы. Фактор влажности почвы при этом не имеет определяющего значения. При превышении остаточного содержания нефти на поверхности почвы над заданным содержанием этапы 1-5 повторяют

Вторая ступень

7. Подача в аппарат подготовленной воды для удаления с поверхности почвы нефтяных дистиллятов

8. Удаление нефтяных дистиллятов с поверхности почвы с помощью подготовленной воды

9. Слив отработанной воды с остаточными нефтяными дистиллятами

10. Оценка степени извлечения нефтяных дистиллятов с поверхности почвы

11. Выгрузка очищенной почвы из аппарата

12. Загрузка следующей партии модифицированных нефтяных дистиллятов и повтор технологического процесса

Отработанная вода, содержащая остаточные нефтяные дистилляты, подвергается термохимическому разделению на воду и остаточные нефтяные дистилляты, с отправкой этих потоков на рецикл.

Более подробно принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

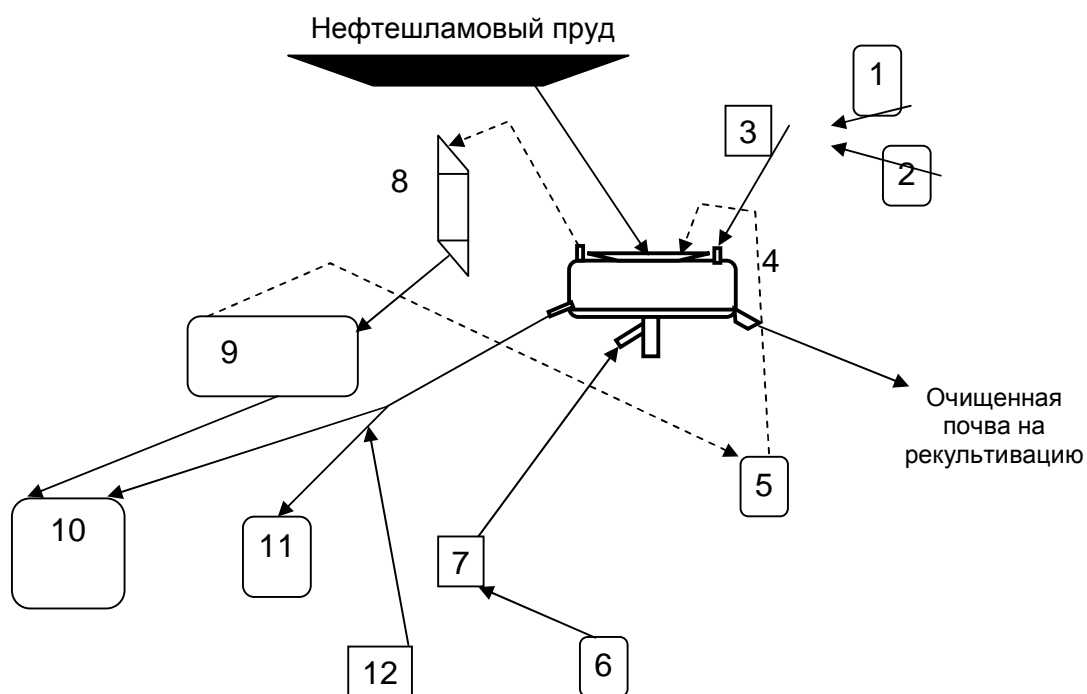


Рисунок 1 - Принципиальная технологическая схема установки

1 Емкость для нефтяных дистиллятов; 2 Емкость для модификаторов нефтяных дистиллятов; 3 Узел смешения модификаторов и нефтяных дистиллятов; 4 Основной

аппарат регенерации нефтезагрязненной почвы; 5 Емкость для высокодисперсного носителя; 6 Емкость технической воды; 7 Установка подготовки воды; 8 Холодильник-конденсатор паров нефтяных дистиллятов и водяного пара; 9 Сепаратор высокодисперсного носителя от конденсата; 10 Емкость для отработанных нефтяных дистиллятов; 11 Емкость-отстойник (деэмульсатор) для отработанной воды с содержанием остаточных нефтяных дистиллятов; 12 Узел дозирования деэмульгатора в поток отработанной воды с содержанием остаточных нефтяных дистиллятов

Среди преимуществ данной технологии можно выделить следующие аспекты:

- Нефтяные дистилляты, насыщенные нефтью, после стадии фильтрации и обезвоживания являются компонентом товарной нефти
- Пары нефтяных дистиллятов, сконденсированные в теплообменнике являются компонентом сырья для получения модифицированных нефтяных дистиллятов (рецикл)
- Пары нефтяных дистиллятов и воды, получающиеся на 8 и 9 этапах, после конденсации смешиваются с паровым конденсатом, содержащим остаточные нефтяные дистилляты.
- Далее после стадии деэмульсации разделяются на нефтяные дистилляты (компонент сырья для получения модифицированных нефтяных дистиллятов) и воду, которую повторно можно использовать для получения подготовленной воды (рецикл)
- Очищенная увлажненная почва для упрощения процесса рекультивации может быть просушена со сбором выпаривающейся воды как компонента сырья для подготовленной воды

Эффективность внедрения предлагаемой технологии по переработке и очистке нефтезагрязненных почв позволяет ожидать следующий комплексный эффект :

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ – получение нормативной чистой продукции, безопасность сельскохозяйственной продукции, повышение урожайности сельскохозяйственных культур, восстановление продуктивности земель, ликвидация накопленных запасов и предотвращение накопления новых объемов нефтезагрязненных почв, а также снижение концентрации вредных веществ в окружающей среде.
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ – осуществление купли, продажи, повышение инвестиционной привлекательности регенерированных земель, экономия материальных и топливно-энергетических ресурсов, сокращение земельных площадей, изымаемых из хозяйственного и сельскохозяйственного оборота для хранения и захоронения нефтеотходов.

СОЦИАЛЬНЫЙ - снижение заболеваемости населения, оздоровление окружающей среды и снижение заболеваемости среды обитания и животного мира, повышение занятости и создание структуры рабочих мест .

Таким образом, разработанная технология является:

- § уникальной в мировом масштабе;
- § безотходной;
- § решающей вопросы оздоровления окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;
- § гибкой, позволяя регенерировать почвы с любым содержанием нефтезагрязнений;
- § универсальной в управлении: ручном или автоматическом;
- § оптимизированной для регенерации почв, загрязненных нефтями месторождений Ghawar и Safaniya, разрабатываемых компанией Saudi Aramco.
- § Степень извлечения нефти из нефте-загрязненных почв составляет 98-99%.
- § Основной аппарат монтируется на стационарной раме или на шасси автомобиля

- § Отсутствие в технологии печей дожига сохраняет гумусовую часть почвы неизменной.
- § Отсутствие в технологии высоких (выше 200⁰С) температур сохраняет качество нефти неизменным.
- § Степень очистки почв от нефти оценивается по разработанной экспресс-методике.