

ВТОРИЧНЫЕ РЕСУРСЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Маргарита Михайловна Редина

Российский университет дружбы народов,
доцент, доктор экономических наук

Александр Петрович Хаустов

Российский университет дружбы народов,
профессор, доктор геолого-минералогических наук

ВВЕДЕНИЕ

Добыча нефти сопровождается образованием широчайшего спектра отходов: это отходы производства и потребления, отходы разных категорий опасности, подлежащие рециклированию, либо абсолютно непригодные для переработки отходы, связанные с основным производством и сервисной деятельностью, и т. д.

Классификация отходов будет представлена ниже, пока же кратко определим актуальность проблемы. По данным, представленным в официальных источниках, добывающая отрасль является лидером по образованию отходов: доля отходов от добычи полезных ископаемых увеличилась с 89,2% (3334,6 млн т) в 2010 г. до 93% (5786,2 млн т) в 2017 г. Отрасль сохраняет за собой лидерство и по объемам хранения (95%) и захоронения (94%) отходов. Среди отходов собственно нефтедобывающих предприятий преобладают нефтешламы и отходы бурения. В качестве примера количественных оценок объемов образования отходов нефтедобычи приведем статистические данные крупнейших российских нефтедобывающих компаний за 2017 г. (табл. 17.1).

Таким образом, очевидно, что среди важнейших направлений сокращения объемов образования отходов нефтедобычи и (при возможности) их вторичного использования приоритетными «объектами» должны стать отходы бурения и нефтешламы. Однако обе эти группы отходов крайне разнообразны по своему исходному составу и способности трансформироваться со временем при контактах с окружающей средой, что осложняет выбор оптимальных технологий их вторичного использования.

Помимо этих наиболее массовых групп отходов нефтедобыча формирует широкий спектр отходов, которые будут более детально представлены далее.

ОБРАЗОВАНИЕ ОТХОДОВ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ИСТОЧНИКИ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ

Современные нефтедобывающие предприятия представляют собой производственные комплексы, в состав которых могут входить также и непрофильные, не относящиеся непосредственно к добыче нефти объекты. В настоящем разделе нормативы образования отходов деятельности непрофильных производств (подсобные хозяйства и др.) не рассматриваются.

Судя по каталогам и нормативным документам, регламентирующим расходы материалов в современном нефтедобывающем комплексе, к настоящему времени их применяется несколько тысяч наименований и типоразмеров. Многообразие видов используемых материалов определяет, в свою очередь, разнообразие состава и свойств отходов. Методические и нормативные документы, которые регламентируют использованием материальных

ресурсов в нефтегазовом комплексе и, соответственно, образование вторичных ресурсов, их учет и обращение с ними, разрабатываются уже более 40 лет. Среди наиболее ранних документов: «Временный норматив оснащенности вышкомонтажной бригады техническими средствами», «Методика определения вторичных материальных ресурсов и их номенклатуры», «Методические рекомендации по нормированию расхода материалов на техническое обслуживание и ремонт основных фондов нефтяной промышленности», «Нормирование расхода и запасов материальных ресурсов в бурении» и др. Для установления нормативов образования отходов производства в результате деятельности непрофильных производств и нормативов образования твердых бытовых отходов (ТБО) необходимо обращаться к нормативным документам, регламентирующим деятельность соответствующих отраслей промышленности и сельского хозяйства.

Таблица 17.1. Объемы образования некоторых видов отходов в крупнейших нефтедобывающих компаниях России за 2017 г., т

| | ПАО «Газпром нефть» | ПАО «НК «Роснефть» | ОАО «Сургутнефтегаз» | ПАО «ЛУКОЙЛ» | ПАО «НОВАТЭК» | ПАО «Татнефть» |
|--|---------------------|--------------------|----------------------|--------------|---------------|----------------|
| Наличие отходов на начало года, всего | 63 655,1 | 13 803 539 | 37 501,1 | 131 719 | 10 902 | 168,9 |
| нефтешламы | 7 091,1 | 10 228 792 | 4 065,9 | 24 034 | | 168,9 |
| отходы бурения | 25 630,0 | 1 163 622 | | | | |
| Образовано отходов за год | 1 134 004,7 | 6 411 553 | 797 344,4 | 1 384 460 | 46 942 | 61 696,5 |
| нефтешламы | 122 285,2 | 697 838 | 17 246,3 | 67 245 | | 30 588,4 |
| отходы бурения | 884 165,9 | 467 5585 | | | | |
| Использовано (утилизировано) отходов, в том числе силами др. хозяйствующих субъектов | 743 649,3 | 4 367 220 | 462 681,7 | 867 199 | 11 817 | 10 180,5 |
| нефтешламы | 450,5 | 362 324 | 0,000 | 1 | | 332 |
| отходы бурения | 97 873,7 | 3 796 470 | | | | |
| Обезврежено отходов, в том числе силами др. хозяйствующих субъектов, всего | 200 287,2 | 533 581 | 50 470,9 | 32 063 | 1255 | 0 |
| нефтешламы | 65 959,9 | 292 271 | 18 500,5 | 9433 | | 0 |
| отходы бурения | 97 873,7 | 44 921 | | | | |
| Наличие отходов на конец года, всего | | 14 079 896 | | | | 98,4 |
| нефтешламы | | 9 993 718 | | | | 0 |
| отходы бурения | | 1 641 373 | | | | |

Информационно-аналитическая схема (классификация) отходов, образующихся в нефтедобывающей отрасли, приведена на рис. 17.1.

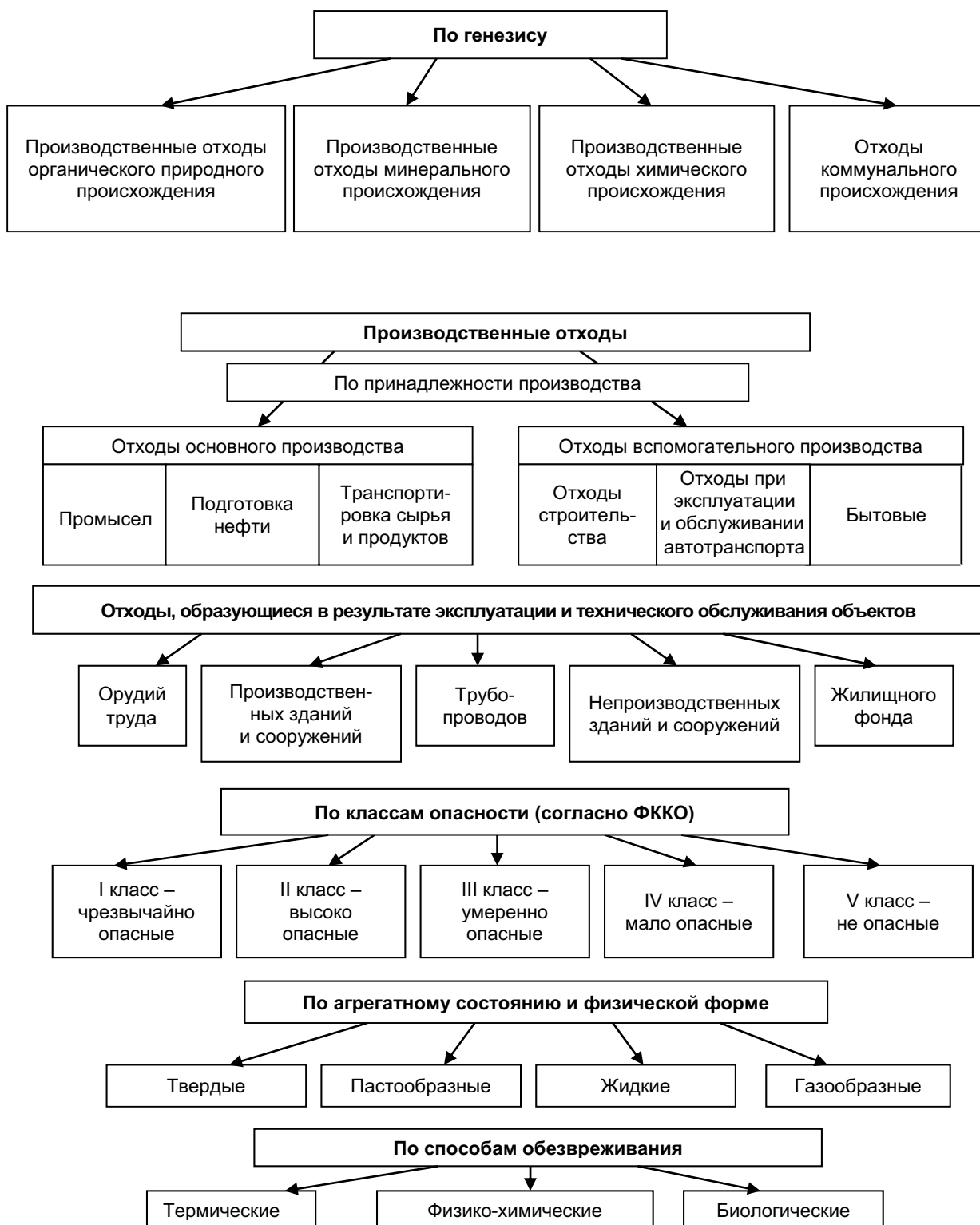


Рис. 17.1. Информационно-аналитическая схема систематизации отходов

В ИТС 28–2017 «Добыча нефти» приводится перечень отходов по объектам и стадиям добычи нефти. Весь объем отходов распределен по отдельным объектам их образования: нагнетательная или поглощающая скважины, куст скважин, трубопроводы сбора и транспорта скважинной продукции, мультифазная насосная станция, закачка пресной воды в пласт и др. В качестве примера приведем перечень отходов «Производство в целом» (табл. 17.2).

Таблица 17.2. Отходы «Производство в целом»

| Наименование отхода | Источник образования отходов | Класс опасности | Наименование способа утилизации | Код по ФККО | Масса образования, тонн |
|---|---|-----------------|--|-------------|-------------------------|
| Воды сточные буровые при бурении, связанном с добычей сырой нефти, малоопасные | Проведение буровых работ, ликвидация аварий на водопроводах | 4 | Утилизация отходов, переработка | 29113001324 | 230–6452,495 |
| Всплывшие нефтепродукты из нефтеловушек и аналогичных сооружений | Производственная и строительная деятельность | 3 | Утилизация отходов | 40635001313 | 0,943–10,7 |
| Грунт, отработанный при лабораторных исследованиях, содержащий остатки химических реагентов (грунт после УЗГ очищенный) | Утилизация нефтезагрязненного грунта | 4 | Утилизация отходов | 94810101394 | 266,036 |
| Грунт, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов 15% и более) | Ликвидация аварий на нефтепроводах | 3 | Обезвреживание отходов | 93110001393 | 151,64 |
| Грунт, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15%) | Ликвидация аварий на нефтепроводах | 4 | Обезвреживание отходов, утилизация отходов | 93110003394 | 8,472–29 508,6 |
| Лом и отходы стальные несортiroванные | Обслуживание технологического оборудования | 5 | Утилизация отходов | 46120009205 | 2881,55 |
| Лом и отходы, содержащие незагрязненные черные металлы в виде изделий, кусков, несортiroванные | Замена оборудования, деталей, ремонтные работы, техническое обслуживание и текущий ремонт автотранспорта, обращение с черными металлами и продукцией из них | 5 | Утилизация отходов | 46101001205 | 27,872–1478,2 |
| Лом и отходы, содержащие несортiroванные цветные металлы, в виде изделий, кусков с преимущественным содержанием алюминия и меди | Техническое обслуживание и текущий ремонт автотранспорта | 3 | Утилизация отходов | 4620111203 | 0,015 |

Таблица 17.2 (продолжение)

| Наименование отхода | Источник образования отходов | Класс опасности | Наименование способа утилизации | Код по ФККО | Масса образования, тонн |
|---|--|-----------------|---------------------------------|-------------|-------------------------|
| Отходы минеральных масел моторных | | 3 | Утилизация отходов | 40611001313 | 29,01 |
| Отходы минеральных масел трансмиссионных | | 3 | Утилизация отходов | 40615001313 | 2,57 |
| Мусор с защитных решеток при водозаборе | Грубая механическая очистка воды на водозаборных сооружениях при заборе воды из поверхностных источников | 5 | — | 71011001715 | 0,12 |
| Шламы буровые при бурении, связанном с добычей сырой нефти, природного газа и газового конденсата, с применением бурового раствора на углеводородной основе, умеренно опасные | | 3 | Обезвреживание отходов | 2912111393 | 5,75 |
| Осадок механической очистки нефтесодержащих сточных вод, содержащий нефтепродукты в количестве 15% и более | Производственная и строительная деятельность | 3 | Утилизация отходов | 72310201393 | 4,563 |
| Остатки и огарки стальных сварочных электродов | Сварочные работы, производственные объекты, обслуживание технологического оборудования | 5 | Утилизация отходов | 91910001205 | 0,106–0,154 |
| Отходы (осадки) водоподготовки при механической очистке природных вод (шлам фильтров от водоподготовки) | Эксплуатация котельной | 5 | Утилизация отходов | 71011002395 | 0,12 |
| Отходы базальтового волокна и материалов на его основе | Использование по назначению (теплоизоляция) с утратой потребительских свойств | 4 | — | 45711201204 | 0,94 |
| Отходы добычи полезных ископаемых | Производственная деятельность | 4 | Утилизация отходов | 20000000000 | 7085,9– 24217,087 |

| | | | | | |
|---|--|---|--|--------------|---------------|
| Отходы изолированных проводов и кабелей | Электроизоляционные работы | 5 | Утилизация отходов | 48230201525 | 0,03 |
| Отходы материалов лакокрасочных на основе алкидных смол в среде негалогенированных органических растворителей | Строительно-монтажные работы | 3 | Утилизация отходов | 41442011393 | 0,093 |
| Отходы минеральных масел компрессорных | Производственная и строительная деятельность | 3 | Утилизация отходов | 40616601313 | 0,065–48,73 |
| Отходы минеральных масел индустриальных | Техническое обслуживание оборудования | 3 | Утилизация отходов | 40613001313 | 0,786–38,148 |
| Отходы песка незагрязненные | Строительно-монтажные работы | 5 | Утилизация отходов | 81910001495 | 0,416 |
| Отходы прочих видов деятельности в области добычи полезных ископаемых, включая геологоразведочные, геофизические и геохимические работы | Строительство скважин | 4 | — | 290000000000 | 7085,9 |
| Отходы резиноасбестовых изделий, незагрязненные | Использование по назначению с утратой потребительских свойств, ремонтные работы, эксплуатация оборудования | 4 | Обезвреживание отходов, утилизация отходов | 45570000714 | 0,05–2,09 |
| Отходы смесей нефтепродуктов при технических испытаниях и измерениях | Испытательная (химико-аналитическая) лаборатория | 3 | Обезвреживание отходов | 94250101313 | 7 |
| Отходы стекловолокна | Изоляция линейных объектов | 5 | — | 34140001205 | 0,92 |
| Отходы цемента в кусковой форме | Строительно-монтажные работы | 5 | Утилизация отходов | 82210101215 | 0,55 |
| Отходы эксплуатации и обслуживания оборудования для транспортирования, хранения и обработки нефти и нефтепродуктов | Производственная деятельность | 3 | Утилизация отходов | 91100000000 | 90,496 |
| Отходы электрического оборудования, содержащего ртуть | Производственная деятельность | 1 | Утилизация отходов | 47110000000 | 0,002 |
| Растворы буровые при бурении нефтяных скважин, отработанные, малоопасные | Проведение буровых работ | 4 | Утилизация отходов | 29111001394 | 55,5–7776,321 |

Таблица 17.2 (окончание)

| Наименование отхода | Источник образования отходов | Класс опасности | Наименование способа утилизации | Код по ФККО | Масса образования, тонн |
|---|---|-----------------|--|-------------|-------------------------|
| Сальниковая набивка асбестографитовая промасленная (содержание масла 15% и более) | Эксплуатация и обслуживание нефтепромыслового оборудования | 3 | Утилизация отходов | 91920201603 | 0,056 |
| Сальниковая набивка асбестографитовая промасленная (содержание масла менее 15%) | Обслуживание машин и оборудования | 4 | — | 91920202604 | 0,79 |
| Стружка черных металлов несортированная, незагрязненная | Производственная и строительная деятельность | 5 | Утилизация отходов | 36121203225 | 4,994 |
| Твердые остатки от сжигания нефтесодержащих отходов | Обезвреживание (сжигание) отходов, установки термического обезвреживания отходов | 4 | Утилизация отходов | 74721101404 | 0,602–1,1 |
| Угольные фильтры отработанные, загрязненные нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15%) | Очистные сооружения для очистки сточных вод | 4 | Обезвреживание отходов | 44310102524 | 0,52 |
| Шлак сварочный | Сварочные работы | 4 | Утилизация отходов | 91910002204 | 0,06–0,23 |
| Шлам очистки емкостей и трубопроводов от нефти и нефтепродуктов | Зачистка резервуаров, емкостей и трубопроводов, зачистка и промывка оборудования для хранения, транспортирования и обработки нефти и нефтепродуктов | 3 | Утилизация отходов, обезвреживание отходов | 91120002393 | 1,591–7829,0 |
| Шламы буровые при бурении, связанном с добычей сырой нефти, малоопасные | Бурение скважин, проведение буровых работ | 4 | Утилизация отходов, обезвреживание отходов | 29112001394 | 10 395,327–60 314,38 |
| Щебень известняковый, доломитовый некондиционный, практически неопасный | Строительно-монтажные работы | 5 | Утилизация отходов | 23111204405 | 0,134 |

Потребности в проведении оценок образования отходов и разработке нормативов возникают уже на предынвестиционной (составление программ хозяйственной деятельности в регионе, крае, области) и предпроектной стадиях работ.

Технологический процесс в нефтедобывающей промышленности условно разбивается на несколько взаимосвязанных этапов, на которых образуются различные по объемам и разновидности отходы производства и потребления:

- этап проведения геологоразведочных работ (геофизических исследований);
- бурение поисково-разведочных гидрогеологических и инженерно-геологических скважин;
- этап испытания, строительства эксплуатационных скважин, при необходимости — бурение скважин для поддержания пластовых давлений;
- строительство нефтепромысловых объектов и инфраструктуры;
- этап эксплуатации промышленных объектов и инфраструктуры, в том числе объектов внутри- и межпромыслового трубопроводного транспорта;
- ликвидация месторождения.

Все этапы сопровождаются технологическими процессами, которые формируют определенные виды отходов, учет которых необходим при разработке проектов нормативов их образования и лимитов на размещение.

Этап проведения геологоразведочных работ сопровождается сооружением подъездных путей, развертыванием базового лагеря, сооружением вертолетной площадки, прокладки сейсмопрофилей и др. Наиболее распространенный вид отходов — порубочные остатки древесины, тара, бытовые отходы.

Этап бурения разведочно-поисковых скважин также включает сооружение подъездных магистралей, временных жилых поселков и сооружений, стоянок техники, буровых площадок, складов и площадок для хранения труб, техники и материалов. Количество отходов по сравнению с предыдущим этапом резко возрастает, а их состав изменяется от древесных остатков от раскряжевки и металлолома до бытового мусора и др.

Этап испытания, строительства эксплуатационных скважин (нефтяных, гидрогеологических и изыскательских) сопровождается монтажом и перетаскиванием буровых установок, их демонтажом, подготовительные работы по отсыпке площадок и подъездных путей, эксплуатацию бурового оборудования и инструментов, сооружение амбаров, площадок для вспомогательной техники и хранения труб, реагентов, емкостей, ремонт и обслуживание производственных фондов. Отходы формируются из технологических операций процесса бурения (буровой шлам, буровые сточные воды, отработанные буровые растворы, химические реагенты, продукты испытания скважин). Преимущественно это отходы III–IV классов опасности. В среднем при строительстве одной скважины образуется до 1000 м³ отходов бурения.

К отходам бурения также относят грунты, загрязненные нефтепродуктами, буровыми растворами, продуктами испытания скважин. В процессе эксплуатации и капитального ремонта буровой техники также образуются самые разнообразные отходы, от отработанных моторных масел и нефтешламов до упаковочных материалов и ветоши.

Этап строительства нефтепромысловых объектов и инфраструктуры включает операции по сооружению соответствующих объектов. Виды отходов при этом максимально близки к традиционным отходам строительства. Строительство внутри- и межпромысловых объектов включает возведение сооружений по сбору нефти и газа, водоводов, кабельных линий, объектов сбора и подготовки нефти и газа (ЦПС, УПН, УПГ), насосных и компрессорных станций (ДНС, КС), соответствующей предохранительной, регулирующей и запорной арматуры. Виды отходов — от металлических (остатки труб, электродов и др.) до смета мусора с территории промышленных и жилых объектов.

Этап эксплуатации промышленных объектов и инфраструктуры включает такие операции, как добыча нефти, газа, рассолов, подготовка нефти к транспортировке,

внутрипромысловый сбор нефти и газа, сооружение систем поддержания пластовых давлений, вспомогательные работы (ремонт оборудования, обслуживание специальной промысловой техники, лабораторный и метрологический контроль, ремонт зданий и сооружений). Виды отходов — от нефтешламов до осадков от канализационных сооружений, а также бытовых отходов жилых помещений.

Капитальный ремонт скважин, их консервация, перевод в другие категории, переликвидация являются неотъемлемой частью эксплуатации залежи и сопровождаются образованием таких отходов, как металлический лом, остатки цементного раствора, глинопорошков, бытового мусора и др.

Этап ликвидации месторождения включает демонтаж оборудования, в т. ч. фундаментов буровых вышек и других сооружений, очистку территории, утилизацию шламовых амбаров с последующей рекультивацией загрязненных и нарушенных земель, консервацию и ликвидацию скважин в соответствии со специальными проектами. Виды отходов: от нефтешламов, металлического лома, загрязненных грунтов и строительного мусора до бытовых отходов жилых помещений.

В справочнике ИТС 28–2017 приводятся сведения об образовании отходов на следующих объектах и стадиях деятельности нефтедобывающих предприятий:

- производство в целом;
- отходы за период жизни скважины (объемы образования отходов эксплуатации нефтяной скважины, нагнетательной или поглощающей скважины), отходы куста скважин;
- отходы трубопровода для сбора и транспортировки скважинной продукции, напорного нефтепровода;
- промышленные отходы в результате чистки оборудования: дожимной насосной станции, мультифазной насосной станции, приемо-сдаточного пункта (ПСП);
- промышленные отходы в процессе обессоливания нефтегазоводяной жидкости: комплексной подготовки нефти (УКПН), установки подготовки нефти (УПН), установки предварительного сброса пластовой воды; газокompрессорной станции (КС), установки подготовки нефтяного газа;
- отходы системы заводнения продуктивных пластов; межскважинной перекачки для закачки пластовой воды из скважин-доноров в пласты, вскрытые скважинами-акцепторами; отходы при закачке пресной воды в пласт, при закачке сточной воды в пласт; отходы технологии очистки сточных вод;
- образование отходов при бурении;
- отходы в системе переработки нефтешламов и переработки отходов, в т. ч. отходы установки сжигания отходов, резервуарного парка.

В заключение приводится алгоритм пошагового рассмотрения нескольких технологий и выбора наилучшей доступной технологии для нефтедобычи. Очевидно, эти же шаги целесообразно рекомендовать и для отбора наилучшей доступной технологии (НДТ) при обращении с отходами.

Таким образом, количественные оценки образования отходов, в том числе и рециклируемых, могут быть получены для объектов, подразделенных на следующие виды в зависимости от их целевого назначения и выполняемых функций:

- орудия труда;
- производственные здания и сооружения;
- непромышленные здания и сооружения;
- линейная часть трубопроводного транспорта (внутри- и межпромысловые трубопроводы), электрические линии, дороги и др.;
- жилищный фонд;
- другие сооружения.

Количественные характеристики объемов образования отходов при планировании и проектировании основываются на нормативах образования отходов. Методы определения

нормативов образования отходов потребления являются типовыми для всех отраслей промышленности. На выбор метода расчета нормативов оказывают влияние особенности способа потребления продукции (производственное и личное потребление), а также потребительские свойства вторичного сырья, которые отражаются в номенклатуре отходов потребления.

Для разработки нормативов образования отходов применяются следующие методы:

- *расчетно-аналитический* — применяется при наличии конструкторско-технологической документации на производство продукции, при котором образуются отходы (технологических карт, рецептур, регламентов, рабочих чертежей). Расчетно-аналитический метод применяется при определении индивидуальных нормативов образования отходов производства. Сущность метода заключается в формировании нормативов на основе расчета отдельных нормообразующих элементов. На основе документации, в соответствии с установленным составом *норм расхода сырья и материалов*, норматив образования отходов рассчитывается как разность между нормой расхода сырья, материалов на единицу продукции и чистым (полезным) их расходом с учетом неизбежных безвозвратных потерь сырья;
- *экспериментальный* — используется при трудно контролируемых технологических процессах, допускающих по рецептуре определенный диапазон изменений составных элементов сырья, а также при большой трудоемкости аналитических расчетов. На основе статистической обработки опытных замеров веса (объема) полезного продукта в единице веса (объема) отхода определяется показатель, характеризующий среднее содержание полезного продукта в отходах в процентах (C_{np}). Исходя из его значения и отчетных данных о количестве извлеченного из отхода полезного продукта (M_{np}), определяется объем образования отходов (VO);
- *статистический* — условно подразделяется на две разновидности, учитывающие специфику образования отходов производства и потребления; в случае отходов производства используется для производств, где регламенты технологических процессов не являются еще устойчивыми и нормативы образования отходов не могут быть связаны с единицей производимой продукции. Нормативы определяются на основе статистической обработки отчетной информации за определенный (базовый) период с последующей корректировкой данных в соответствии с планируемыми организационно-техническими мероприятиями, предусматривающими снижение материалоемкости продукции. Статистические данные обрабатываются за ряд лет, затем проводится корректировка удельных показателей на планируемый период в соответствии с тенденциями развития технологии и организации производства. Для изделий, находящихся в стадии освоения, так же как при определении норм расхода основного сырья, нормативы образования отходов оцениваются экспериментальным путем с определением веса отходов при производстве наиболее типичных представителей продукции с расчетами средних по данному виду продукции показателей;
- *метод маркшейдерских замеров* применяется традиционно в случае оценок образования отходов при вскрышных работах, когда прямой учет количества вскрыши не производится или он недостаточно точен. В случае оценок образования отходов нефтедобычи маркшейдерские замеры могут использоваться для определения размеров площадных объектов, где размещаются отходы либо которые потенциально могут стать источниками отходов;
- *экспертные оценки* применимы, когда нет возможности использовать ни один из перечисленных выше методов.

Выбор метода определяется условиями наличия исходной информации и спецификой технологических процессов, для которых проводятся расчеты.

На практике наибольшее распространение получил метод расчета объемов образования отходов по справочным таблицам на основе определенных заранее удельных нормативов.

Метод используется для расчета количества образования отходов в нефтегазодобывающей отрасли по основным видам деятельности предприятий и только для тех категорий отходов, на которые отсутствуют утвержденные методики расчета нормативов образования отходов, а также отходов, нормы которых трудно определить с помощью перечисленных выше методов.

Достоинство метода заключается в том, что охвачено большое количество материалов, применяемых в современном нефтедобывающем производстве, а также довольно полный спектр основных и второстепенных видов деятельности. Расчет нормативов образования отходов в результате производства основных видов продукции, а также деятельности вспомогательных производств выполняется с учетом особенностей технологического процесса, номенклатуры и количества использованного сырья, а также номенклатуры и количества конечной продукции.

Получаемые результаты позволяют для каждого конкретного предприятия, видов деятельности и существующего оборудования на основе удельных показателей расхода, взятых из справочников, создавать базу данных, включающую в себя необходимую для управления отходами информацию.

Исходя из особенностей конкретного процесса и характеристики отходов производства и потребления предприятия, а также характеристик технологического цикла, рассчитывается фактическое количество образования и накопления отходов за расчетный период.

Количественные оценки образования отходов: некоторые расчетные методы

Рассмотрим более подробно отдельные производственные процессы, связанные с добычей нефти, и подходы к определению количества отходов.

Внутрипромысловые трубопроводы

Нормирование расхода материалов в процессе эксплуатации внутрипромысловых трубопроводов осуществляется аналогично нормированию производственных зданий и сооружений. Основным видом нормируемых расходов материалов для ремонта являются стальные трубы и сварочные электроды.

Большая часть работ, связанных с ремонтом трубопроводного транспорта, относится к капитальному ремонту. Во многих случаях капитальный ремонт внутрипромыслового трубопровода сводится к практически полной замене существующих конструкций на новые. В связи с этим нормирование расхода труб при ремонте трубопроводов рекомендуется проводить на основе экспертной оценки состояния трубопровода.

Нормы расхода труб устанавливаются отдельно для нефтепроводных труб бесшовных, электросварных и большого диаметра с дальнейшей их детализацией по видам.

В зависимости от условий работы предприятий система трубопроводов разделяется по следующим структурным признакам:

- выкидные линии от нефтяных скважин до групповых или индивидуальных замерных установок (ГЗУ);
- сборные коллекторы от ГЗУ до первой ступени сепарации и товарных парков;
- трубопроводы для перекачки нефти от товарных парков до ГС УМН;
- нефтепроводы между товарными парками;
- магистральные нефтепроводы;
- водоводы системы поддержания пластового давления (ППД);
- газопроводы от первой ступени сепарации до компрессорной станции, до газоперерабатывающего завода (ГПЗ);
- газопроводы от компрессорной станции до потребителя, до ГПЗ;
- продуктопроводы от ГПЗ до товарно-сырьевых парков;
- технологические (внутрицеховые) трубопроводы.

При оценках срока службы труб и механизмов, сроков их замены и ремонтов следует также учитывать агрессивность транспортируемых сред (содержание компонентов в нефти).

Потребность в трубах для ремонта трубопроводов устанавливается по их диаметрам в соответствии с ГОСТ, определяющим типоразмеры труб.

Требуемые объемы ремонта трубопроводов определяются в следующей последовательности.

- Определяется протяженность трубопроводов каждого вида $L_{по}$ по состоянию на начало отчетного года. Протяженность определяется суммированием всех трубопроводов по всем диаметрам:

$$L_{по} = \sum I_i, \quad (1)$$

где I_i — длина труб (отдельно бесшовных, сварных, большого диаметра) i -го диаметра отдельно по каждому виду трубопроводов.

- Исходя из состояния трубопроводов и условий их эксплуатации, определяется общая протяженность участков, требующих ремонта на начало отчетного года $L_{зо}$:

$$L_{зо} = \sum I_{из}, \quad (2)$$

где $I_{из}$ — протяженность отдельных участков (отдельно бесшовных, сварных, большого диаметра) i -го диаметра, требующих ремонта по каждому виду трубопроводов.

$L_{зо}$ определяется на основе утвержденного для предприятия (объединения) раздельного плана капитального и текущего ремонта трубопроводов. План капитального ремонта формируется с учетом специфических особенностей эксплуатации трубопроводов в конкретных природных и производственных условиях. Капитальный ремонт участков трубопроводов проводится при 3–5 прорывах в год на 1 км трубопроводов. Основанием служат акты потери герметичности и выхода из строя трубопроводов по данным за 3 последних года их эксплуатации.

Фактический норматив износа трубопровода определяется в процентах по формуле:

$$\mu = (L_{зо} / L_{по}) \cdot 100, \quad (3)$$

где μ — фактический норматив износа (отдельно по бесшовным, сварным и трубам большого диаметра) по каждому виду трубопроводов по i -му диаметру труб.

Потребность в трубах на планируемый год определяется по формуле:

$$П_{зп} = (\mu \cdot L_{пп}) / 100, \quad (4)$$

где $П_{зп}$ — потребность в трубах (отдельно по бесшовным, сварным и трубам большого диаметра) по каждому виду трубопроводов по i -му диаметру труб на планируемый год, км; $L_{пп}$ — протяженность трубопроводов каждого вида на начало планируемого года по i -му диаметру и отдельно по бесшовным, сварным и трубам большого диаметра, км.

Потребность труб $П_{зпв}$ в весовом измерении:

$$П_{зпв} = П_{зп} \cdot q, \quad (5)$$

где q — вес 1 п. м трубы i -го диаметра с соответствующей толщиной стенки и отдельно по бесшовным, сварным и трубам большого диаметра, кг/м³.

Нормативы образования отходов при ремонте и эксплуатации трубопроводов устанавливаются, исходя из потребности в проведении ремонта трубопроводов и норм безвозвратных потерь. Кроме отходов стальных труб, для ремонта трубопроводов существенную значимость имеют отходы сварочного производства, изоляционные и другие материалы — в зависимости от специфики производства. Нормирование отходов названных материалов рекомендуется производить после расчетов образования отходов по трубам соответствующих диаметров и в непосредственной увязке с объемами работ по ним.

Орудия труда

Орудия труда — активная часть основных производственных фондов, включающая в свой состав:

- рабочие машины и оборудование;
- силовые машины и оборудование;
- транспортные средства.

К рабочим машинам и оборудованию относятся оборудование общепромышленного назначения и специфичная техника.

Оборудование общепромышленного назначения — это различные металлорежущие, деревообрабатывающие, кузнечно-прессовые, литейные, сварочные, подъемно-транспортные механизмы, строительно-дорожные машины и др.

Специфичная для нефтедобывающих предприятий техника включает:

- наземное оборудование скважин (колонные трубные головки, фонтанные елки и др.);
- подземное оборудование скважин (насосно-компрессорные трубы, погружные насосы, кабели и др.);
- оборудование механизированной добычи нефти (станки-качалки, погружные насосы, гребенки и др.);
- емкостное оборудование (горизонтальные и вертикальные аппараты, сепараторы, замерные установки, емкости для хранения нефти и нефтепродуктов и др.);
- теплообменное оборудование и нагревательная аппаратура (теплообменники, печи газовые, трубчатые, индукционные, блоки нагрева, газофракционирующие колонны, путевые нагреватели и т. п.);
- насосное оборудование (трубопроводные и товарные насосы для перекачки нефти, насосы для перекачки сжиженных газов, воды и сточных вод, блочно-кустовые насосные станции);
- оборудование для капитального ремонта скважин;
- оборудование буровых установок (трубы бурильные, рабочие штанги, долота, бурильные головки, замки, рукава и др.);
- компрессорное оборудование;
- спецтехника, технологический транспорт.

Силовые машины и оборудование на эксплуатационные нужды — электрическое, теплосиловое.

К транспортным средствам общепромышленного назначения относятся: грузовые и легковые автомобили, автосамосвалы, автобусы, автоцистерны. Из состава автотранспортных средств исключается линейная часть трубопроводного транспорта, по которым нормативы образования отходов рассчитываются отдельно.

Капитальный ремонт предполагает комплексное проведение работ по всем элементам конструкций или выборочное для тех конструкций, неисправность которых влияет на сохранность его (оборудования) смежных конструкций. Используются детали и конструкции преимущественно промышленного изготовления, а изношенные элементы заменяются элементами из более прочного и долговечного материала. В этом случае заменяемые конструкции и элементы будут являться отходами, подлежащими нормированию и утилизации,

и, соответственно, будут входить в проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР).

К текущему ремонту относятся работы по систематическому и своевременному предохранению отдельных конструкций и деталей от преждевременного физического износа. Ремонт включает профилактические мероприятия и устранение мелких повреждений и неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации. Как и в случае капитального ремонта, текущие ремонты должны сопровождаться расчетами нормативов отходов с их последующей утилизацией и входить в ПНООЛР.

Периодичность проведения ремонтных работ, продолжительность и состав ремонтного цикла зданий и сооружений устанавливается предприятием в соответствии со специальными нормативами в зависимости от условий эксплуатации с перечнем работ по капитальному и текущему ремонтам и перечнем конструктивных элементов, подлежащих ремонту или замене. В соответствии с данным перечнем производится определение разновидностей и объемов отходов.

Техническое обслуживание сопровождается образованием отходов, включающих отработанные масла, аккумуляторы, другие жидкости и материалы, необходимые для эксплуатации техники, обтирочные материалы, сменные элементы бурового оборудования металлоконструкции трубопроводов, привышечных сооружений, буровых укрытий и т. п.

Оценки объемов отработанных буровых шламов

Как правило, объем буровых шламов (БШ) рассчитывают, исходя из планируемых объемов буровых отходов, которые включают БШ, отработанный буровой раствор (ОБР) и буровые сточные воды (БСВ). В соответствии с РД 39-3-819-91 «Методические указания по определению объемов отработанных буровых растворов и шлама при строительстве скважин», объем шламового амбара ($V_{\text{ша}}$) определяется по формуле:

$$V_{\text{ша}} = 1,1 \cdot (V_{\text{шл}} + V_{\text{ОБР}} + V_{\text{БСВ}}). \quad (6)$$

Объем бурового шлама или выбуренной породы:

$$V_{\text{шл}} = V_{\text{скв}} \cdot 1,2, \quad (7)$$

где $V_{\text{скв}}$ — объем всей скважины, м³; 1,2 — коэффициент, учитывающий разуплотнение выбуренной породы.

Объем ОБР рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{ОБР}} = 1,2 V_{\text{скв}} \cdot K_1 + 0,5 V_{\text{ц}}, \quad (8)$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий потери бурового раствора, равный 1,054; $V_{\text{ц}}$ — объем циркуляционной системы буровой установки, равны 320 м³.

Объем буровых сточных вод рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{БСВ}} = 2 V_{\text{ОБР}}. \quad (9)$$

Расчет объема скважины производится с учетом конструкции скважин и коэффициента кавернозности. Так, например, объем скважины составит при глубине 1700 м, коэффициенте кавернозности 1,3 и указанной ниже конструкции:

| Название колонны | Диаметр долота, мм | Интервал спуска, м | |
|------------------|--------------------|--------------------|----------|
| | | от (верх) | до (низ) |
| Направление | 508 | 0 | 30 |
| Кондуктор | 295 | 0 | 500 |
| Эксплуатационная | 216 | 0 | 1700 |

$$V_{\text{СКВ}} = 0,785 (0,508^2 \cdot 1,30 \cdot 30) + (0,295^2 \cdot 1,30 \cdot 470) + (0,216^2 \cdot 1,30 \cdot 1200) = \\ = 0,785 (10,5 + 47 + 60) = 0,785 + 117,5 = 92,2 \text{ м}^3.$$

Объем шлама составляет для данной скважины:

$$V_{\text{БШ}} = 1,2 \cdot 92,2 = 111 \text{ м}^3.$$

Объем ОБР для этого же случая составит:

$$V_{\text{ОБР}} = 1,2 \cdot 111 \cdot 1,054 + 0,5 \cdot 320 = 300 \text{ м}^3.$$

Объем буровых сточных вод:

$$V_{\text{БСВ}} = V_{\text{ОБР}} \cdot 2 = 300 \cdot 2 = 600 \text{ м}^3.$$

Объем шламowego амбара:

$$V_{\text{Ша}} = 1,1 \cdot (111 + 3000 + 600) = 1112 \text{ м}^3.$$

При варианте с замкнутым циклом очистки сточных вод:

$$V_{\text{Ша}} = 1,1 (111 + 300) = 425 \text{ м}^3.$$

В целях уменьшения объемов жидких сточных вод на площадке для бурения скважин рекомендуется сооружение отдельных амбаров: первый — для буровых сточных вод и отработанных буровых растворов, второй — для сбора очищенных и ливневых вод. При строительстве амбаров необходимо учитывать степень защищенности подземных вод, гидроизоляции месторождения относительно рельефа (поймы рек и водоохраные зоны), степень гидравлической связи с водными объектами и др.

При бурении кустовых и одиночных скважин источником загрязнения подземных вод могут стать утечки отходов бурения и буровые растворы из шламовых амбаров, емкостей и накопителей вследствие плохой изоляции. Как правило, это временные сооружения с периодом эксплуатации 0,5–1,5 г. Емкость этих сооружений составляет 500, 800 м³ и более на одну скважину.

Буровые шламы чаще всего представлены средними и тяжелыми глинами с преобладанием иловато-пылевых фракций с содержанием песка от 5 до 30%. Относительная плотность образцов изменяется от 2200 до 2700 кг/м³ и часто зависит от технологии и степени отделения шлама при очистке промывочной жидкости. Содержание нефтепродуктов в шламах продуктивных коллекторов может достигать 700 мг/кг и более.

Экспериментально установлено, что до 60% реагентов прочно сорбируется на глинах, а остальные 40% распределяются между фильтратом, буровым раствором, остающимся в циркуляции, и буровым раствором, сбрасываемым в шламовый амбар (отработанный буровой раствор).

В составе бурового шлама обычно присутствуют порода (60–80%), органическое вещество (8–10%), водорастворенные соли (6%), а также нефть, утяжелители и др. Пик загрязнения подземных вод, как правило, наблюдается при завершении бурения, когда на поверхность сливается до 250 м³ отработанного бурового раствора возле каждой скважины и его остатки из наземного хранилища. Особую опасность при этом представляют углеводороды сырых нефтей и нефтепродукты, фенолы ПАВ, полимеры и хромат-ионы, обладающие высокой миграционной способностью.

Несвоевременная обработка и утилизация отходов бурения часто приводит к тому, что вследствие больших объемов отходов бурения, а также высоких концентраций загрязняющих веществ применение существующих технологий очистки и нейтрализации становится *в принципе невозможным*. В результате значительные объемы отходов захораниваются часто без предварительной физико-химической обработки в целях нейтрализации. Такие емкости, как правило, организуются в земляных амбарах-накопителях без надежного противотрационного экрана, который препятствует миграции компонентов ОБР и БШ в зону аэрации и грунтовые воды.

Вторичные материальные ресурсы

Согласно действующей нормативной базе (ГОСТ Р 54098–2010 и др.), в качестве вторичного сырья рассматривается однородная и паспортизованная часть вторичных материальных ресурсов, образованных из собранных, накопленных и специально подготовленных для повторного хозяйственного использования отходов производства и потребления или продукции, отслужившей установленный срок или морально устаревшей. Это материал (вещество), полученный из отработанных продуктов и отходов (за исключением отходов, образующихся в первичном производственном процессе), восстановленный для использования повторно в качестве сырья для получения конечного полезного продукта.

Под вторичными ресурсами понимают материальные накопления сырья, веществ, материалов и продукции, образованные во всех видах производства и потребления, которые не могут быть использованы по прямому назначению, но потенциально пригодны для повторного использования в народном хозяйстве для получения сырья, изделий и/или энергии.

Вторичные материальные ресурсы (ВМР) — это отходы производства и потребления, образующиеся в результате хозяйственной деятельности, для которых существует возможность повторного использования в качестве товарной продукции непосредственно или после дополнительной обработки. Сюда в общем случае относят пригодные для утилизации отходы производства и потребления, образующиеся в материальном производстве, сфере услуг и в процессах конечного потребления продукции. К ВМР относят: отходы производства и потребления, которые в перспективе (потенциально) или сразу (актуально) пригодны для использования в промышленном производстве для получения сырья, изделий и (или) энергии; отходы производства и потребления, специально собранные и подготовленные к использованию в хозяйственных целях или к переработке во вторичное сырье; продукцию первичной (предварительной) переработки отходов, соответствующую требованиям определенных нормативных (ГОСТ, ГОСТ Р, СТО, ТУ) и/или технических (ТО) документов; отходы, специально складированные в техногенных ресурсных накоплениях для их использования в определенном или неопределенном (отдаленном) будущем в качестве вторичного сырья.

Вторичные топливно-энергетические ресурсы, согласно ГОСТ 31607–2012, — это топливно-энергетические ресурсы, полученные как отходы или побочные продукты (сбросы и выбросы) производственного технологического процесса.

Учитывая данные определения, в данном разделе рассмотрим вторичные материальные ресурсы нефтедобычи, которые образуются в процессе производства продукции либо потребления продукции других отраслей.

Отходы потребления

Расчет нормативов образования отходов потребления, относящихся к ВМР, проводится на основе удельных показателей:

- образование твердых коммунальных отходов (ТКО);
- количество обтирочных материалов при обслуживании техники и оборудования при эксплуатации и обслуживании автомобильного транспорта;
- другие виды переработки сырья.

В качестве нормативных документов, регламентирующих операции сбора отходов потребления в качестве вторичного сырья, существуют справочники, на основе которых выделяются следующие наименования ВМР:

- макулатура в производственном потреблении (оберточная и упаковочная бумага, бумажные мешки сухие, архивная документация, коробочная тара, картонная транспортная тара, шпули, гильзы, втулки);
- вторичные полимерные материалы (полиэтиленовая сельскохозяйственная пленка, полимерная тара, полимерные мешки из-под реагентов и др.);
- вторичные текстильные материалы (текстильные изделия);
- изношенные покрышки и автомобильные камеры (покрышки автомобильно-дорожной, строительной и другой специальной техники).

Перечисленные разновидности отходов потребления в качестве вторичного сырья являются наиболее распространенными в нефтедобывающей отрасли и подлежат сдаче в соответствующие организации.

В качестве ВМР используются отработанные нефтепродукты, подлежащие регенерации для дальнейшего использования. В первую очередь к ним относятся масла для карбюраторных и дизельных двигателей, трансмиссионные масла, гидравлические масла, промышленные, трансформаторные, кабельные, компрессорные и др., а также нефтяные промывочные жидкости, цилиндрические масла, смеси нефти и нефтепродуктов.

Указанные категории отходов нефтепродуктов имеют ориентировочные нормативы сбора в % от исходного количества потребления (по установленным нормам расхода) и обязательны для сбора.

Осадки очистных сооружений также относятся к категории ВМР. В качестве удельных показателей нормативы образования осадков разработаны для различных отраслей производств, где проводится очистка сточных вод от вредных примесей, а также водоподготовка.

Для нефтедобывающих предприятий наибольшее распространение имеют следующие категории образующихся осадков очистных сооружений:

- осадки сточных вод производственных очистных сооружений, нефтешламы, буровые сточные воды;
- осадки сточных вод на очистных сооружениях жилых поселков и промышленных площадок;
- осадки очистных сооружений (первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила при средней влажности 92,6%);
- осадки сточных вод влажностью 95–98% от мойки автомобилей и их деталей и др. механизмов;
- маслоотходы обводненные (80%) от мойки автомобилей и др. механизмов;
- флотомаслошлам от мойки автомобилей и их деталей и др. механизмов;
- отработанные фильтрующие материалы очистных сооружений;
- осадки от водоподготовки некондиционных вод, используемых для ППД.

В качестве ВМР рассматриваются отходы лесозаготовок, представляющие собой кусковые отходы раскряжевки, горбыль, рейки, короткомеры, опилки, стружку, прочие древесные отходы.

К ВМР относятся также отходы стекла и строительных материалов, стеклобой, стекловата, стекловолокно, стеклоткани, прочие отходы стекла, бой огнеупорных изделий и кирпича, бой бетонных и железобетонных конструкций, отходы цемента, бетона, кровельных материалов,

строительный мусор, отходы асфальтового производства. Для этих видов ВМР необходимо рассчитывать нормативы их образования и лимиты на размещение.

К этой же категории отходов относятся отходы лакокрасочных изделий (красители, лаки, краски, мастика, смолы, шпатлевки и др.).

Отходы производства

Данные виды отходов связаны непосредственно с реализацией производственных процессов и образуются на всех стадиях работ на объектах добычи нефти. Подробный перечень отходов представлен в таблицах справочника ИТС 28–2017. Выше, в табл. 17.2, представлены отходы, образующиеся в целом при добыче нефти. Также детальные перечни отходов сформированы по отдельным объектам и операциям:

- отходы «Нагнетательная или поглощающая скважины»;
- отходы «Куст скважин»;
- отходы «Трубопроводы сбора и транспорта скважинной продукции»;
- отходы «Напорный нефтепровод»;
- отходы «Дожимная насосная станция»;
- отходы «Мультифазная насосная станция»;
- отходы «Приемо-сдаточный пункт (ПСП)»;
- отходы «Комплексной подготовки нефти (УКПН)»;
- отходы «Установка подготовки нефти (УПН)»;
- отходы «Установка предварительного сброса пластовой воды»;
- отходы «Газокомпрессорная станция (ГКС)»;
- отходы «Установка подготовки нефтяного газа»;
- отходы «Система заводнения продуктивных пластов»;
- отходы «Межскважинная перекачка для закачки пластовой воды из скважин-доноров в пласты, вскрытые скважинами-акцепторами»;
- отходы «Закачка пресной воды в пласт»;
- отходы «Закачка сточной воды в пласт»;
- отходы «Технологии очистки сточных вод».

Количественные оценки образования данных отходов можно также дополнить расчетами образования отходов бурения и образования нефтешламов и объемов нефтезагрязненных грунтов в случае утечек и аварий. Подходы к определению количества этих отходов представлены в следующем разделе.

Расчет образования буровых шламов проводится по формулам (6)–(9).

Специфическим видом отходов, для которого не приведены количественные оценки в ИТС 28–2017, является сера. Отходы серы рассматриваются как перспективное сырье для ряда отраслей народного хозяйства, однако расчеты осложняются непостоянством состава нефти.

ТЕХНОГЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ НАКОПЛЕННЫХ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Значительное количество накопленных загрязнений, обусловленных деятельностью нефтедобывающих объектов, стало причиной включения нефтезагрязненных территорий в перечень приоритетных объектов Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 гг. В паспорте программы отмечается: «широко распространенным проявлением накопленного экологического ущерба являются большие площади загрязнения нефтью и нефтепродуктами, возникшие в результате добычи, транспортировки углеводородного сырья, функционирования нефтехимических предприятий и размещения складов горюче-смазочных материалов. Ароматическая фракция углеводородов содержит полициклические углеводороды, в том числе бенз(а)пирен, обладающий выраженными канцерогенными и мутагенными свойствами. Являясь чрезвычайно устойчивыми к разложению

в окружающей среде, полициклические углеводороды через пищевые цепочки экосистем распространяются на значительные расстояния, накапливаясь в рыбе, животных и воде. Попадая в организм человека, данные соединения накапливаются в жировых тканях, вызывая генетические мутации и уродства у новорожденных». В связи с этим одна из основных задач федеральных целевых программ — экологическая реабилитация территорий, подверженных негативному воздействию объектов накопленного экологического ущерба с нефтесодержащими загрязнениями, и предотвращение появления таких объектов в будущем.

Для решения этой задачи предусмотрены мероприятия по разработке технологий и строительству установок для обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов, разработке, совершенствованию и апробации технологий биоремедиации загрязненных земель, реализации практических мероприятий по ликвидации накопленного экологического ущерба в рамках 30 «горячих» экологических точек, оказывающих негативное воздействие на условия проживания более 4 млн чел.

Экологическая реабилитация территорий, подверженных негативному воздействию объектов накопленного экологического ущерба с нефтесодержащими загрязнениями:

- численность населения, проживающего в зоне негативного воздействия объектов накопленного экологического ущерба, экологические условия проживания которого улучшены, к 2025 г. должна составить 9 тыс. чел.;
- объем накопленных загрязнений (на объектах прошлого экологического ущерба, включенных в Программу) должен сократиться со 156,32 млн т (2012 г.) до 0.

Как уже было показано, наиболее значительные количества отходов нефтедобычи — нефтешламы и отходы бурения. К настоящему времени в районах деятельности нефтедобывающих предприятий накоплено значительное количество данных отходов. Однако, несмотря на содержание в нефтешламах определенной доли «полезного компонента», не всегда имеются возможности их переработки. По данным автономной некоммерческой организации «Международный центр содействия предприятиям по переработке нефтешламов», более 3 млн га пахотных земель выведено из оборота в результате экологических нарушений, допущенных предприятиями ТЭК. В прудах-отстойниках, нефтяных амбарах, технологических картах находится огромный объем нефтешламов. С момента добычи сырья до непосредственного использования нефтепродуктов они подвергаются более чем 20 перевалкам, при этом 75% потерь происходит от испарений и 25% — от аварий и утечек, что становится причиной загрязнения грунтов — формирования весьма распространенного вида отходов. Последствия аварий зачастую недооцениваются по разным причинам: это и сложности определения количества разлитой нефти и сопутствующих компонентов, и проблемы выявления отдаленных эффектов загрязнения, и наличие вторичных загрязнений и нарушений в природе из-за неквалифицированных действий при ликвидации разлива.

Оценки количества нефтезагрязненных грунтов при утечках и аварийных разливах

Оценки количества загрязненных грунтов (как одного из видов отходов) осложняются разнообразием условий формирования.

Характеристики шламов определяются тем, какой состав имели исходные нефтепродукты, в какие условия окружающей среды они попали и какое провели время в контакте с атмосферным воздухом, осадками, грунтом (рис. 17.2). Не случайно при ликвидации аварийных разливов и рекультивации территорий значительное внимание уделяют «возрасту» загрязнения. Дело в том, что нефти и нефтепродуктам свойственно изменять свой состав и свойства с течением времени. В дополнение к этому при контакте с атмосферным воздухом и осадками меняется и количество шламов. Так, благодаря длительному хранению нефтешламов на одном из нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) их объем возрос примерно на треть. Это связано с процессами уплотнения при ликвидации и хранении и разуплотнения при извлечении шлама из хранилища.

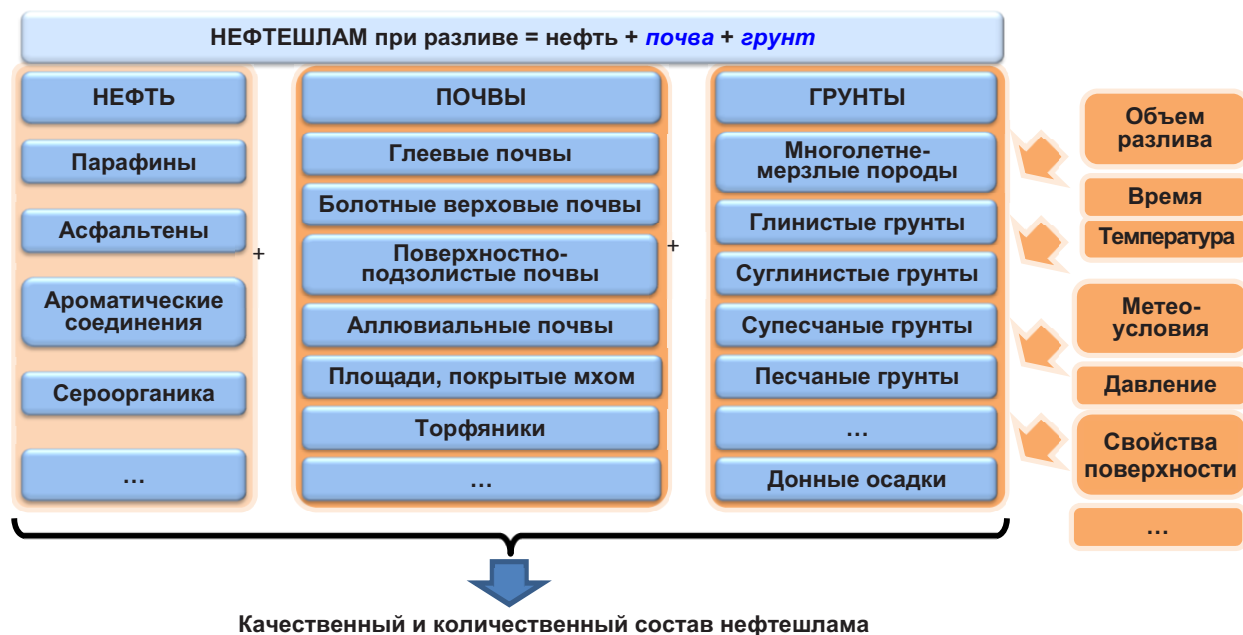


Рис. 17.2. Условия формирования состава и видов нефтешламов

Остановимся более подробно на данных особенностях формирования нефтяного загрязнения. Оценка объемов загрязненных нефтепродуктами (НП) почвогрунтов, как того требуют нормативные документы, проводится с учетом скорости распространения НП. Она зависит от плотности нефтепродукта, его вязкости, вязкости воды и водопроницаемости слоя, площади растекания НП по поверхности грунтовых слоев.

Масса НП, адсорбированная грунтовым слоем, рассчитывается, исходя из мощности слоя грунта, его пористости в месте разлива, капиллярной влагоемкости слоя грунта (объем пор, занятых капиллярной водой), коэффициента поверхностного натяжения НП и аналогичного параметра для воды.

Особый интерес представляет взаимодействие различных по вязкости нефтей с типами грунтов, различающимися по проницаемости. Так, в работе рассчитаны риски в денежном исчислении при аварии нефтепровода на местности со среднепересеченным рельефом в зависимости от кинематической вязкости для трех типов грунта.

Различия скоростных параметров движения нефти в зависимости от ее вязкости весьма ощутимы. Особенно велики риски распространения маловязких нефтей в первые часы аварий для песков и супесей. Для песков в начале пролива происходит интенсивное вертикальное насыщение с дальнейшей пропиткой нефтью, независимо от ее вязкости. Затем наступает некоторая стабилизация вертикального просачивания, и далее, в зависимости от увеличения вязкости, контролируемой охлаждением нефти, происходит замедление ее горизонтального и вертикального просачивания. Для суглинков и глин процессы снижения проницаемости близки к экспоненциальному характеру и имеют значительные различия лишь в параметрах. Недочет вышеуказанных факторов (проницаемость грунта и вязкость нефти) может привести к существенным ошибкам в оценках объемов распространения НП и возможности прогнозных оценок просачивания на глубину до зоны насыщения.

В научной литературе существуют различные оценки объемов образования нефтешламов, которые во многом противоречивы. Так, в качестве примера приведем следующий расчет. Плотность нефти (ρ_n) — 820 кг/м^3 ; вязкость нефти (μ_n) — $20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}\cdot\text{с}$; коэффициент поверхностного натяжения НП (σ_n) — $2,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/с}^2$; площадь разлитой нефти — 10 м^2 ; масса разлитой нефти — 1000 кг . В результате расчетов по вышеприведенным формулам получены следующие объемы образования шламов для различных типов почв (табл. 17.3).

Таблица 17.3. Объемы образования нефтешламов в различных типах почв

| Почвы | Скорость проникновения нефтепродуктов, м/с | Максимальная глубина проникновения нефтепродуктов, м | Площадь распространения разлива в почвенных горизонтах, суммарно, м ² | Масса загрязненных грунтов, кг |
|--------------|--|--|--|--------------------------------|
| Аллювиальные | 0,004–0,030 | 0,4 | 100 | 3450 |
| Подзолистые | 0,001–0,026 | 0,32 | 230 | 9216 |
| Глеевые | 0,001–0,021 | 0,26 | 180 | 2134 |
| Болотные | 0,004–0,102 | 0,23 | 280 | 5443 |

Резюмируя, можно сделать следующие выводы:

- наибольшие объемы нефтешламов формируются в подзолистых почвах, что связано с их высокой проницаемостью и сорбционной емкостью;
- аллювиальные почвы интенсивно пропускают нефтяные загрязнения вследствие высокой вертикальной проницаемости;
- *поверхностно-подзолистые* и *аллювиальные* почвы более устойчивы к нефтяному загрязнению, т. к. их свойства способствуют самоочищению и выносу НП из почвенного профиля;
- *глеевые* и *болотные* почвы обладают специфическими механическими и физико-химическими свойствами, определяющими их неустойчивость к загрязнению НП, которые аккумулируются в верхних горизонтах и очень медленно разлагаются.

Полученные результаты свидетельствуют о существенной дифференцированности почвенного покрова по условиям трансформации антропогенными факторами, что делает необходимым учет свойств почвогрунтов при оценках образования шламов в условиях аварий.

Приведенные выше данные позволяют отнести рассматриваемые нами нефтешламы к категории *с высоким содержанием твердых примесей*. Это утверждение можно в полной мере отнести к песчаным грунтам, слабо сорбирующим нефть (всего 5–10%).

Содержание НП в образующихся нефтешламах (грязных или замазученных грунтах) чаще контролируется их пористостью или механической структурой почвогрунтов и характеризуется коэффициентом нефтеемкости, который изменяется от 0,01 до 0,50 в зависимости от разновидности грунтов (табл. 17.4).

Таблица 17.4. Нефтеемкость грунтов, доли ед.

| Грунт | Влажность | | | | |
|--------------------------------------|-----------|------|------|------|------|
| | 0% | 20% | 40% | 60% | 80% |
| Гравий (диаметр частиц 2–20 мм) | 0,30 | 0,24 | 0,18 | 0,12 | 0,06 |
| Пески (диаметр частиц 0,05–2 мм) | 0,30 | 0,24 | 0,12 | 0,06 | 0,06 |
| Кварцевый песок | 0,25 | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,05 |
| Супесь, суглинок (средний и тяжелый) | 0,35 | 0,28 | 0,21 | 0,14 | 0,07 |
| Суглинок легкий | 0,47 | 0,38 | 0,28 | 0,18 | 0,10 |
| Глинистый грунт | 0,20 | 0,16 | 0,12 | 0,08 | 0,04 |
| Торфяной грунт | 0,50 | 0,40 | 0,30 | 0,20 | 0,10 |

Данная таблица свидетельствует о том, что нефтеемкость всех разновидностей грунтов находится в обратной зависимости от их влажности. По данным Института биологии КФ АН РАН, через год после загрязнения содержание остаточной нефти на экспериментальных площадках составляло: в зоне средней тайги — 40,7–44,4%, в южной тайге — 12,5%, в лесостепи — 4,4% (суходольный луг) и 1,64% (влажный луг), в сухих субтропиках — 0,47%.

Разнообразие компонентов, входящих в состав шлама, условий среды, в которой он формируется, а также его продолжительное «время жизни» приводят к весьма широким пределам вариаций состава и свойств шламов. Поэтому необходимо применять различные подходы к ликвидации загрязнений, рекультивации нарушенных территорий и мониторингу состояния не только непосредственно загрязненных участков почв и грунтов, но и контактирующих с ними частей природных комплексов.

Использование шламов как ВМР

Использование нефтешламов как ВМР требует решения нескольких проблем. Прежде всего, остановимся на том, каким образом можно оценить уровень угрозы нефтяных шламов для природных систем и человека. Традиционно для выявления класса опасности отходов используется отработанная схема. Однако здесь сразу же возникает проблема: в отличие от многих других видов отходов, нефтяные шламы характеризуются весьма значительным разнообразием состава. По сути, нефтешламом можно считать любую смесь нефтепродуктов и нефти с грунтом или с любыми другими твердыми или жидкими веществами. Чаще всего этим термином обозначают многокомпонентные физико-химические системы (смеси), состоящие из воды, нефтепродуктов и минеральных добавок (глина, окислы металлов, песок и т. д.). При этом и сами нефтепродукты могут быть в различной степени вредными для окружающей среды (содержать вещества от 1-го до 4-го классов опасности), а «разбавляющие» их твердые частицы весьма неоднородны и разнообразны.

Если в случае шламов, образующихся при производстве нефтепродуктов или их хранении, можно условно говорить о некотором постоянстве (не однообразии!) состава, то шламы, появляющиеся при аварийных разливах, характеризуются намного большими вариациями свойств. С точки зрения охраны окружающей среды, большую тревогу вызывает именно последняя, «непредсказуемая» категория. Важность данной проблемы объясняется тем, что количество таких шламов составляет ежегодно десятки тысяч тонн.

Тем не менее некоторую среднюю картину состава нефтешлама, образовавшегося при аварийном разливе, все-таки можно сформировать: в него входят частицы грунта и смесь нефтепродуктов (прежде всего нафтены и парафины, а также комплекс ароматических соединений). Детальный анализ последней группы соединений позволяет выявить присутствие множества весьма опасных загрязнителей, включая полиароматические. Нефть содержит ощутимые количества соединений, являющихся стойкими органическими загрязнителями. Часть из них относятся к первому и второму классам опасности и обладают ярко выраженным канцерогенным и тератогенным действием. Несмотря на весьма разнообразный исходный состав нефти и многообразие факторов, приводящих к ее деградации в окружающей среде (рис. 17.2), в среднем в составе нефтяного шлама присутствует около 0,3% бенз(а)пирена, производные перилена (0,5%) и пирена (0,9%), фенантрены (0,3%), хризены (0,3%). Трансформация углеводородов приводит к появлению устойчивых битуминозных гетероатомных соединений, в том числе высокого класса опасности. Это оксихиноны полициклических ароматических углеводородов, галогенированные ароматические и алифатические углеводородов, фталаты. Требуется учет их содержания в почвах и почвенных вытяжках, а также в грунтовых водах после проведения рекультивационных работ. Отметим, что мониторинг должен продолжаться в течение довольно длительного времени. Так, в ходе эксперимента было установлено, что даже спустя 76 месяцев после загрязнения нефтью в почвах присутствовали продукты деградации нефти.

Согласно федеральному классификационному каталогу отходов и дополнению к нему, шламы нефти и нефтепродуктов (получаемые на нефтеотделительных установках, от очистки танков нефтеналивных судов, трубопроводов, емкостей и т. д.) отнесены к 3-му классу опасности. Но очевидно, что при детальном учете вредных компонентов (полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), тяжелые металлы) класс опасности может быть повышен. Это затрудняет как использование нефтешламов для получения полезного продукта (по

мнению многих авторитетных специалистов, это практически невозможно либо экономически нецелесообразно), так и утилизацию с минимальным ущербом для окружающей среды.

Важнейшим показателем токсичности нефтешламов является содержание тяжелых металлов (табл. 17.5). В данной таблице показано изменение содержания опасных компонентов по мере прохождения технологических циклов переработки нефти: от относительно невысокого в исходной нефти до максимальных значений в замазученном грунте. Концентрации тяжелых металлов в почве указывают на то, что они могут связываться в токсичные органоминеральные формы и достаточно долго находиться в виде комплексных соединений с большой долей вероятности их перехода в водную среду, почвенные растворы, микроорганизмы и растительность. Недаром угнетенные формы растительности (вплоть до полной замены растительных сообществ) наблюдаются в течение длительного времени после проведения рекультивационных работ.

Таблица 17.5. Сведения о химическом составе некоторых шламов НПЗ

| Показатель | Шлам нефтяного резервуара | Шлам прямогонного мазута | Шлам очистных сооружений | Замазученный грунт |
|---|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| Влажность, % | 16,8 | 11,3 | 35,6 | 12,4 |
| Механические примеси, % | 1,4 | 4,6 | 33,8 | 72,1 |
| Нефтепродукты, мг/кг | 725 | 772,9 | 320,3 | 100 |
| Pb, мг/кг | 8,5 | 179,2 | 141 | 189 |
| Mn, мг/кг | 62 | 449 | 473 | 416 |
| Cr, мг/кг | 7,06 | 132,5 | 113,5 | 311 |
| Fe, мг/кг | 4489 | 6310 | 56145 | 8719 |
| Al, мг/кг | 1532 | 6682 | 4594 | 6119 |
| Cu, мг/кг | 12,0 | 682 | 485 | 4477 |
| Остаток после кислотного растворения, % | 3,6 | 13,0 | 13,5 | 8,1 |

Присутствие нефти сказывается практически на всех показателях растений: всхожести семян, энергии, дружности и скорости прорастания, а также по морфологическим параметрам и массе 1 тыс. зерен (табл. 17.6). Так, при концентрации нефти в почве на уровне 6 и 8% в лабораторных условиях не проросло ни одного семени. У растений, выращенных на нефтезагрязненных почвах, обнаружены изменения в линейных размерах корней и надземной части. Например, если в контроле длина надземной части пшеницы в возрасте 20 суток составляла 26,05 см, то в варианте с концентрацией нефти 2% от веса почвы она была лишь 15,91 см.

Таблица 17.6. Рост и развитие яровой пшеницы (фаза кущения) на темно-серой лесной почве, загрязненной нефтью

| Варианты опыта (концентрация нефти, %) | Показатели | | | |
|--|---------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | Высота растений, см | Количество листьев, шт | Количество придаточных корней, шт. | Средняя длина придаточных корней, см |
| Контроль 0 1 | 16,9 ± 0,34 | 4,13 ± 0,06 | 3,10 ± 0,04 | 3,04 ± 0,08 |
| 3% | 11,0 ± 0,76 | 2,45 ± 0,05 | 1,90 ± 0,12 | 1,74 ± 0,16 |
| 6% | 10,2 ± 0,65 | 2,40 ± 0,07 | 1,48 ± 0,06 | 2,74 ± 0,13 |
| 10% | 10,4 ± 0,98 | 2,55 ± 0,09 | 2,10 ± 0,015 | 2,40 ± 0,28 |

При 3-процентном загрязнении почвы продуктивность пшеницы снизилась на 85%. Аналогичные результаты были получены и в опытах с другими растениями: ячменем и гречихой.

Кроме того, нефтяное загрязнение подавляло развитие листовой поверхности и резко ухудшало водоудерживающую способность листьев яровой пшеницы (при концентрации нефти 2% она составила 92% от контроля, а при 4% снизилась до 6%).

О характере токсического действия компонентов нефтешламов и, в частности, ПАУ можно судить по многочисленным данным об угнетении растительности в присутствии данного класса соединений. Традиционно опыты проводятся с внесением бенз(а)пирена как наиболее токсичного представителя ПАУ. Исследования свидетельствуют о накоплении его в различных частях растительных и животных организмов. А при поступлении на следующие уровни пищевых цепей (от растений — травоядным животным, от них — хищникам) концентрации ПАУ увеличиваются весьма серьезно, что и требует анализа их содержания в «первоисточнике» — почвах и воде, куда они поступают, в частности, при нефтяных загрязнениях.

В табл. 17.7 приведены данные о концентрациях бенз(а)пирена в различных видах растительности. Превышение фоновых значений, в отличие от контрольных, наблюдалось при загрязнении почвы нефтью в концентрации 1%. Содержание бенз(а)пирена в растениях пшеницы, ячменя, ржи, гречихи было выше в 2,5–3 раза, а у базилика, бархатцев, зверобоя — в 3,5–4 раза. Хотя эти значения (за исключением зверобоя) не превышали региональный фоновый уровень для растений (50 нг/г), они превосходили данный показатель для почвы.

Таблица 17.7. Содержание бенз(а)пирена в растениях, выращенных на нефтезагрязненных почвах, нг/г

| Концентрация нефти, % | Пшеница | Ячмень | Рожь | Гречиха | Базилик | Бархатцы | Зверобой |
|-----------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0 | 13,2 ± 3,0 | 16,4 ± 0,8 | 21,1 ± 1,0 | 18,5 ± 0,9 | 10,5 ± 0,5 | 12,3 ± 3,0 | 15,6 ± 0,7 |
| 1 | 40,1 ± 2,0 | 42,1 ± 2,0 | 44,0 ± 2,0 | 38,1 ± 1,9 | 45,0 ± 2,5 | 49,1 ± 2,5 | 58,5 ± 2,5 |
| 2 | 62,1 ± 3,0 | 65,0 ± 3,1 | 68,2 ± 3,3 | 70,0 ± 3,5 | 105,0 ± 5,0 | 110,0 ± 5,0 | 124,0 ± 6,0 |
| 6 | 197,0 ± 9,0 | 295,0 ± 12,0 | 210,0 ± 10,0 | 220,0 ± 10,0 | 270,0 ± 10,0 | 270,0 ± 10,0 | 340,0 ± 17,0 |

Примечательно, что накопление бенз(а)пирена у растений (пшеница, ячмень, рожь, гречиха), изначально выращенных на нефтезагрязненной почве, идет более медленными темпами, чем у тех (базилик, зверобой, бархатцы), которые оказались в условиях «нефтяного стресса» на 30-е сутки роста. Также загрязнение почвы приводило к нарушению целостности хромосом в соматических клетках исследуемых растений, в частности, нарушения сводились к появлению в хромосомах разрывов с образованием фрагментов. В результате у растений, выращенных на нефтезагрязненных почвах, сокращается число делящихся клеток (следовательно, замедляется рост).

Специальные исследования (В. С. Петросян), проведенные на объекте мирового наследия — озере Байкал, в качестве приоритетных экотоксикантов выявили высокую активность накопления ПАУ в трофических (пищевых) цепях — от донных отложений до высокоорганизованных видов (нерпы). Если для донных отложений концентрация ПАУ составляла 181 нг/г, то в тканях нерп она увеличилась до 1762 нг/г. В целом же ПАУ характеризуются высочайшими коэффициентами биоаккумуляции в тканях животных: их концентрации увеличиваются по сравнению с содержанием в воде или почвах на три порядка. Весьма значительные объемы аккумуляции нефтяных углеводородов (ПАУ и др. классов) в пищевых цепях (более чем тысячекратные превышения концентраций в живых организмах по сравнению с содержаниями в водной среде) показаны также в специальном исследовании, посвященном поведению нефти в морской среде.

ПОТЕНЦИАЛ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ

Возвращаясь к спектру отходов нефтедобычи, отметим, что не все они подлежат рециклированию. Однако часть отходов может подвергаться обработке с получением полезного продукта (рис. 17.3). В ряде случаев для этого могут применяться также отходы других отраслей экономики. Безусловно, такие технологии более привлекательны.

Как показано на рис. 17.3, отходы нефтедобычи могут рассматриваться как вторичные материальные ресурсы или как вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). В первом случае предполагается возможность рециклирования лома металлов, буровых сточных вод, нефтешламов (включая в том числе извлечение нефти из замазученных грунтов). Во втором случае отходы нефтедобычи могут использоваться в качестве вторичных энергетических ресурсов: это нефтесодержащие отходы, которые могут сжигаться с получением энергии, а также отдельные компоненты твердых коммунальных отходов, которые образуются на предприятиях нефтедобычи.

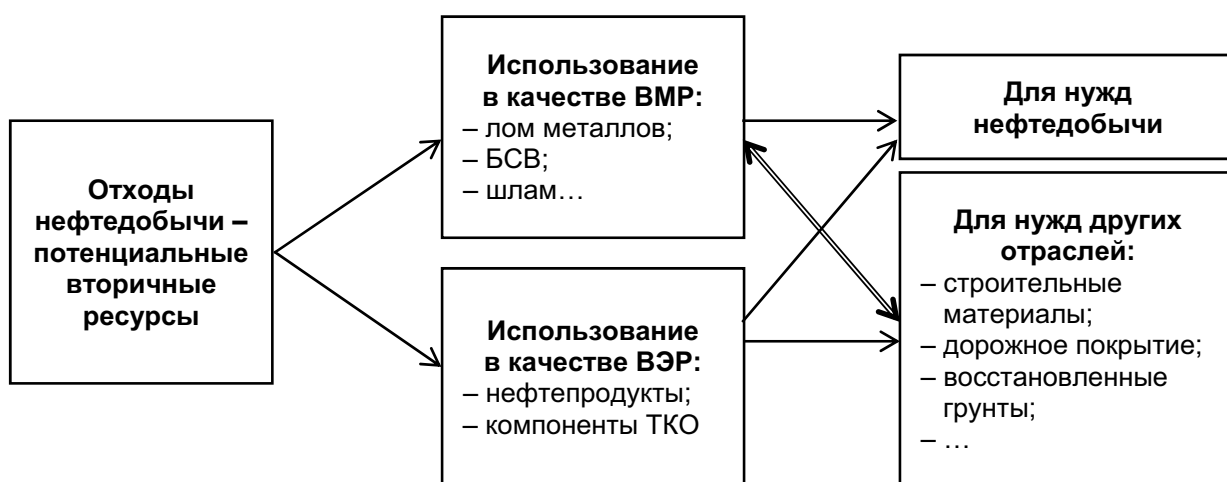


Рис. 17.3. Отходы нефтедобычи как ВМР

Учитывая, что основную массу отходов нефтедобычи, которые могут рассматриваться как ВМР, составляют нефтесодержащие отходы, далее будут рассмотрены именно технологии утилизации таких отходов с учетом возможностей получения полезного выхода — материалов или энергии.

Утилизация нефтешламов

Существующие технологии позволяют в ряде случаев проводить достаточно полную утилизацию нефтешламов. Однако разработанные на сегодня методы ориентированы прежде всего на переработку отходов, хранящихся в шламовых амбарах и отстойниках, а не на обращение с замазученными грунтами (рис. 17.4). Получаемые нефтепродукты должны иметь достаточное качество, обеспечивающее возможность их дальнейшего использования. Сложности применения таких технологий обусловлены непостоянством состава нефтепродуктов, которые присутствуют в шламах. В частности, эти нефтепродукты уже находятся в течение достаточно длительного времени в условиях окружающей среды, что приводит к серьезной «перестройке» их состава по сравнению с тем, что был характерен для нефти.

Конверсионные технологии утилизации нефтешламов предполагают получение товарной продукции при переработке отходов на промышленном оборудовании, аналогичном традиционным процессам переработки нефтесодержащих компонентов из исходного сырья. Среди предлагаемых на сегодня методов — плазменная биотехнология, использование электрогидравлического эффекта Юткина и др.



Рис. 17.4. Методы утилизации нефтешламов

Утилизационные технологии представляют собой технологии, изначально ориентированные непосредственно на вторичные ресурсы.

Классифицировать технологии переработки нефтешламов можно также с точки зрения «сохранения» самих нефтепродуктов в шламах в процессе переработки:

- *деструктивные* технологии предполагают разрушение углеводородов: сжигание, включение шламов в цемент при его производстве влажным путем, аэробная обработка;
- *недеструктивные* технологии заключаются в использовании шламов без разложения: открытая контролируемая выгрузка, захоронение с тщательным обезвоживанием, контролируемое внесение в качестве удобрений и др.

Несмотря на кажущееся многообразие, практически ни один из данных методов не дает стопроцентного результата с точки зрения экологической безопасности конечного продукта переработки, поскольку в любом случае имеется вероятность вторичных загрязнений и при сжигании отходов (образование диоксинов), и при контролируемом размещении на почвах (испарение, в том числе с выделением токсичных компонентов, таких как, например, ПАУ), и при других способах утилизации. Это приводит к необходимости комбинирования технологий (см. рис. 17.5).

Химические технологии утилизации нефтешламов предполагают применение методов экстракции, использование деэмульгаторов, окисление, нефттрализацию и прочие методы активного воздействия реагентов на нефтесодержащие отходы (шламы).

В случае физических технологий применяются физико-химические (фильтрование, центрифугирование, сепарирование, отстаивание) и термические (сжигание, пиролиз, сушка, термодесорбция) технологии, а также их комбинация.

Биологические методы предполагают биоразложение углеводородов нефти.

В любом случае перечисленные технологии приводят к удалению нефтепродуктов (углеводородов) из загрязненных сред и по сути являются технологиями не извлечения полезного компонента, а технологиями деструкции загрязнения.



Рис. 17.5. Технологии утилизации нефтешламов

Отходы извлечения серы

Особую категорию отходов составляет извлеченная сера. В настоящее время в качестве наиболее перспективных рассматриваются следующие области использования нефтяной серы:

- строительная сфера (связующие компоненты строительных смесей и гидрофобизаторы);
- сельское и лесное хозяйство (акарициды и фунгициды);
- нефтяная промышленность (противоизносные и противозадирные присадки к маслам);
- химическая область (герметики, добавки к полимерным композитам, эмульсолы и др.).

Кроме перечисленных направлений использования сера может применяться для производства кормов и удобрений, асфальтобетонов, растворителей, красящих пигментов, лекарств, фунгицидов, клеев, спичек, целлофанов, красок, автомобильных шин, а также резинотехнических и синтетических изделий и моющих средств.

ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С УЧЕТОМ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ

Отходы нефтедобычи как ВМР и ВЭР для отраслей экономики

Рассмотренные группы отходов нефтедобычи могут быть использованы в зависимости от потребностей отраслей-потребителей (см. рис. 17.3) с получением:

- вторичных металлов;
- нефтепродуктов;
- строительных материалов и др.

При этом технологии переработки отходов металлов не являются специфическими. Наибольшая специфика характерна для процессов использования в качестве ВМР отходов производства — нефтешламов и отходов бурения. В ряде случаев для этого применяются отходы других отраслей, в частности сельского хозяйства.

Нефтешламы

Накопленные и вновь образуемые массы нефтешламов нуждаются в переработке. Цельным продуктом при этом являются нефтепродукты, если это позволяют качества отходов, а технология характеризуется достаточной экономической и экологической эффективностью. В целом разработанные на сегодня технологии позволяют применять нефтешламы в следующих отраслях экономики (рис. 17.6). Отметим, что данные методы и направления использования ВМР нефтедобычи распространены в разной степени.



Рис. 17.6. Направления использования нефтешламов и их распространенность

Однако, несмотря на имеющиеся наработки, некоторые предлагаемые направления использования шламов как вторичных ресурсов вызывают сомнения. Так, по мнению большинства специалистов, получение товарных нефтепродуктов из нефтешламов, которые образовались при аварийном разливе или в ходе технологических процессов на НПЗ, практически нерентабельно. Это связано и с дороговизной их производства, и с весьма невысоким качеством. Отметим, что сжигание шламов считается экологически грязным видом их утилизации. В частности, речь идет о значительных выбросах углеводородов и продуктов их сгорания (включая особо токсичные соединения, например, ПАУ).

Что касается сельскохозяйственного направления использования нефтешламов, то здесь большие опасения вызывают некоторые компоненты, присутствующие в нефти в весьма «скромных» количествах, однако достаточные для перехода и аккумуляции в растениях. Это уже упомянутые выше ПАУ, тяжелые металлы и ряд других соединений. Таким образом, применение нефтешламов в качестве удобрений, что предлагается в последнее время некоторыми авторами, вряд ли может активно внедряться в практику, поскольку именно указанные вещества приводят не просто к нарушению развития растительности, но и к гибели живых организмов. Многочисленные публикации свидетельствуют о том, что по мере повышения концентрации нефтепродуктов в почвах возрастает их токсическое действие. Результатом этого становится как минимум замедление роста растений. Опасность заключается в способности данных соединений накапливаться в растительных и животных организмах.

Пожалуй, наиболее перспективным можно признать создание с использованием шламов строительных материалов и компонентов дорожных покрытий. Однако и здесь существует необходимость тщательного контроля изменения свойств получаемой продукции под действием факторов окружающей среды. Так, немецкими специалистами получены результаты, представленные в табл. 17.8. Эмиссии из используемых обычно в этой стране видов битума содержат полициклические ароматические соединения, в том числе с атомами серы.

Таблица 17.8. Содержание и эмиссии (при 180°С) вредных веществ в различных видах битума по результатам лабораторных измерений на пробах массой 100 г

| Вид битума | Содержание, мг/кг | | Общие эмиссии, мг/ч | Эмиссии | |
|------------|-------------------|--------------|---------------------|------------|---------------------|
| | ПАУ | Бенз(а)пирен | | ПАУ, мкг/ч | Бенз(а)пирен, мкг/ч |
| НВ 90/100 | 29,95 | 1,20 | 6,63 | 26,32 | 0,08 |
| В45 | 29,78 | 2,08 | 13,04 | 22,66 | 0,09 |
| В65* | 26,65 | 1,71 | 2,20 | 3,70 | 0,04 |
| В80 | 25,57 | 1,41 | 3,49 | 6,64 | 0,01 |
| В200 | 32,13 | 1,78 | 7,00 | 4,13 | 0,03 |
| В85/25 | 52,22 | 1,68 | 25,10 | 52,90 | 0,18 |
| В95/35 | 93,53 | 2,74 | 37,15 | 78,96 | 0,26 |

* Для марки В65 количество испытаний было незначительным, в связи с чем приводимые данные следует считать предварительными.

Несмотря на то, что при температурах ниже 80°С эмиссии из битумов практически отсутствуют, а при 150°С не превышают 1 мкг/ч, определенные опасности существуют. Так, при температурах около 180°С эмиссии обнаруживаются (см. табл. 17.5), а при 250°С (например, температура укладки литого асфальта) констатируется увеличение их масштабов.

Это же касается и кровельных материалов. При их использовании в нормальных условиях вероятность превышения концентраций вредных веществ чрезвычайно мала, но это не означает, что незначительные количества выделяющихся соединений абсолютно безвредны. Эмиссии возможны при повышении температуры: для битумосодержащих материалов это от 80°С (например, на темных кровлях в летний период). Кроме того, выделения из кровельных материалов возрастают при горении, что требует дополнительных мер пожарной безопасности.

Таким образом, несмотря на весьма пристальное внимание к проблеме утилизации нефтешламов и многочисленные попытки их использования как вторичных ресурсов, в каждом конкретном случае необходимо крайне ответственно подходить к выбору соответствующих технологий.

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ

Определение показателей для сравнения

Эффективность технологий переработки ВМР определяется комплексом экономических, технологических, экологических показателей.

При оценках внимание следует уделять всему жизненному циклу ВМР: источникам и исходным характеристикам ВМР, стадии переработки, целевому назначению и условиям применения продуктов переработки ВМР. В качестве примера приведем характеристики, которые могут быть рекомендованы для оценок (табл. 17.9).

Приведенный перечень показателей можно рассматривать как обобщенный, предварительный. В случае оценок и сравнения конкретных технологий к данному перечню следует добавить также социальные характеристики (включая создание рабочих мест и социально-экологические аспекты, связанные с оздоровлением экологической ситуации в регионах).

Также при оценках следует учитывать показатели, используемые в государственных проектах и программах. В частности, это характеристики, приведенные в Федеральной целевой программе «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 гг., и релевантных документах.

Таблица 17.9. Примеры показателей для оценки эффективности технологий переработки вторичных ресурсов в нефтедобывающей отрасли

| Вид ВМР | Технологические показатели | Экономические показатели | Экологические показатели |
|-------------------------------|---|---|---|
| Нефтешламы | Полнота извлечения полезного продукта. Характеристики качества полезного продукта. Объем извлекаемого полезного продукта. Соответствие продукта извлечения ВМР требованиям к его качеству (строительные материалы, грунты, нефтепродукты...) | Затраты на сбор и транспортировку нефтешламов к месту переработки. Затраты на получение полезного продукта. Цена полезного продукта. Снижение платежей за негативное воздействие | Процент утилизации отходов. Объем выбросов при термической утилизации. Характеристики опасности отходов после получения ВМР. Характеристики токсичности выбросов и сбросов при получении ВМР. Характеристики токсичности выбросов, сбросов, отходов при использовании отходов как ВЭР |
| Отработанные буровые растворы | Полнота извлечения компонентов для вторичного использования. Чистота компонентов | Затраты на извлечение полезного компонента. Снижение платежей за негативное воздействие | Процент утилизации отходов |
| Загрязненные грунты | | Затраты на рекультивацию нефтезагрязненных грунтов. Снижение платежей за негативное воздействие | Процент утилизации отходов. Экологические характеристики применяемых реагентов. Площади восстановленных земель |
| Лом металлов | | Затраты на сбор, транспортировку, сортировку и собственную переработку отхода с получением металла. Снижение платежей за негативное воздействие | Процент утилизации отходов. Объемы и характеристики опасности (токсичность) выбросов, сбросов, образующихся отходов для процессов переработки |
| Прочие | | Затраты на сбор, транспортировку, сортировку и переработку отхода. Снижение платежей за негативное воздействие | Снижение количества отходов. Объемы и характеристики опасности (токсичность) выбросов, сбросов, образующихся отходов для процессов переработки |

Непосредственно при выборе НДТ критериями достижения целей охраны окружающей среды для определения НДТ являются:

- а) наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги либо другие предусмотренные международными договорами Российской Федерации показатели;
- б) экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации;
- в) применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
- г) период ее внедрения;
- д) промышленное внедрение этой технологии на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Учитывая количественный состав отходов нефтедобычи, наиболее серьезного внимания заслуживают нефтесодержащие отходы. Рассмотрим возможности сопоставления данных технологий на основе представленных критериев.

Сравнительный анализ технологий переработки нефтесодержащих отходов

Технологии переработки нефтешламов

Рассматриваются две сходные технологии переработки нефтесодержащих отходов, аналогичные представленным в патентах: патент РФ 0002536897 и патент РФ № 81445. Обе технологии предполагают получение полезного продукта с применением сходных методов обработки шламов, однако имеются различия.

Технология 1. Способ переработки нефтесодержащих отходов (буровых растворов, нефтяных шламов различного происхождения и др.), аналогичный представленному в описании к патенту РФ 0002536897: нефтесодержащие отходы обогреваются, затем разделяются с помощью центрифугирования на воду, нефть и механические примеси. Перед центрифугированием нефтесодержащие отходы сепарируются с помощью гидроциклонных установок песко- и илоотделения; водонефтяная эмульсия, полученная в результате разделения отходов на центрифуге, разрушается деэмульгаторами при температуре 60–70°С и подвергается разделению с помощью гравитационно-динамического сепаратора на нефтяную фракцию и техническую воду. Затем нефтяная фракция используется как товарная продукция, а техническая вода используется для поддержания пластового давления при добыче нефти либо повторно используется при переработке нефтесодержащих отходов. Механические примеси после разделения на центрифуге и обработки поверхностно-активными веществами направляются через илоотделитель на осушающие сетки вибросит, после чего реализуются как товарная продукция в качестве строительного материала.

Технология 2. Способ переработки нефтесодержащих отходов (буровых растворов, нефтяных шламов различного происхождения и др.), аналогичный представленному в описании к патенту РФ № 81445. Исходные буровые нефтешламы из сборной емкости направляют в обогреваемый реактор с мешалкой, в который при включенной мешалке из блока подают химические реагенты, далее обработанные нефтешламы направляют в трехфазную центрифугу, затем нефтяную и водную фазы собирают в разные сборники, твердую фазу — осадок — после этого выгружают в контейнеры, а из контейнеров осадок выгружают в прокалочную печь, прокаленный осадок через разгрузочный узел выгружают либо в сборники, либо непосредственно в смеситель, после этого в смеситель загружают также оксид кальция («пушонка») и силикат натрия, композиционную смесь затем направляют из смесителя в установку для гранулирования, потом получаемую товарную продукцию отгружают на склад готовой продукции.

В табл. 17.10 показаны ориентировочные результаты сравнения двух технологий утилизации нефтесодержащих отходов с получением строительных материалов в качестве полезной продукции. Символом отмечены идентичные оценки.

В данном случае при сопоставлении методов утилизации нефтесодержащих отходов по *технологическим критериям* обе они могут рассматриваться как равноценные: полезный продукт извлекается максимально полно; достигается оптимальное качество продукта.

Сопоставление по *экономическим критериям* показывает предположительно более высокие затраты в связи с необходимостью дополнительных энергозатрат на прокаливание твердой фазы, выходящей из трехфазной центрифуги (содержание в ней нефтепродуктов около 3–5%). Это влечет за собой удорожание полезного продукта. Снижение платежей за негативное воздействие, связанное с образованием отходов, происходит. Однако выбросы загрязняющих веществ при прокаливании должны быть оценены дополнительно, а платежи за этот вид негативного воздействия можно будет оценить после расчета объемов и состава

выбросов. Цена полезного продукта, согласно условиям технологии 2, может оказаться выше с учетом дополнительных затрат на энергию и, вероятно, более высоких платежей за негативное воздействие при эксплуатации прокалочной печи.

Таблица 17.10. Сравнение технологий утилизации нефтесодержащих отходов

| Технологии | Технологические показатели | Экономические показатели | Экологические показатели |
|--------------|---|---|---|
| Технология 1 | <p>Полнота извлечения полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Характеристики качества полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Объем извлекаемого полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Соответствие продукта извлечения ВМР требованиям к его качеству (строительные материалы, грунты, нефтепродукты...) <input checked="" type="checkbox"/></p> | <p>Затраты на сбор и транспортировку нефтешламов к месту переработки <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Затраты на получение полезного продукта.</p> <p>Цена полезного продукта</p> <p>Снижение платежей за негативное воздействие</p> | <p>Процент утилизации отходов — полная утилизация <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Объем выбросов при термической утилизации.</p> <p>Характеристики опасности отходов после получения ВМР.</p> <p>Характеристики токсичности выбросов и сбросов при получении ВМР.</p> <p>Характеристики токсичности выбросов, сбросов, отходов при использовании отходов как ВЭР</p> |
| Технология 2 | <p>Полнота извлечения полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Характеристики качества полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Объем извлекаемого полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Соответствие продукта извлечения ВМР требованиям к его качеству (строительные материалы, грунты, нефтепродукты...) <input checked="" type="checkbox"/></p> | <p>Затраты на сбор и транспортировку нефтешламов к месту переработки <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Затраты на получение полезного продукта — необходимы дополнительные затраты энергии на прокаливание твердой фазы, выходящей из трехфазной центрифуги и содержащей 3–5% нефтепродуктов.</p> <p>Цена полезного продукта.</p> <p>Снижение платежей за негативное воздействие</p> | <p>Процент утилизации отходов — полная утилизация <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Объем выбросов при термической утилизации — выше.</p> <p>Характеристики опасности отходов после получения ВМР — при выгорании нефтепродуктов в прокалочной печи образуются опасные отходы, негативно воздействующие на окружающую среду.</p> <p>Характеристики токсичности выбросов и сбросов при получении ВМР — предположительно менее удовлетворительны</p> |

Экологические показатели технологии 2 предположительно также уступают технологии 1 в связи с дополнительным количеством отходов при использовании прокалочной печи и дополнительным количеством выбросов при прокаливании.

Таким образом, технология 1 является предположительно более эффективной. Безусловно, для окончательного принятия решений необходимо привлечение дополнительных данных и более детальные экономические оценки, а также анализ экологических характеристик получаемой продукции для обеих технологий при обработке отходов сходного состава.

Технологии получения топлива для котельных

Технологии предполагают производство топлива на основе отходов нескольких отраслей. Это позволяет в результате решить проблему утилизации отходов не только в нефтедобыче, но и в сельском хозяйстве и угольной промышленности.

Технология 1. Состав топлива — аналогично представленному в патенте RU 2553998 С1: производится топливо для котельной, состоящее из углеродсодержащих соединений органического и минерального происхождения. В его состав в качестве углеродсодержащего соединения органического происхождения входит смесь нефтешлама и карбоксилата натрия (отход производства растительных масел) в соотношении 1 : (1–3), а в качестве углеродсодержащего соединения минерального происхождения — угольная пыль. Соотношение компонентов: смесь нефтешлама с карбоксилатом натрия — 40–50%; угольная пыль — остальное.

Технология 2. Состав топлива — аналогично представленному в патенте РФ № 2500792, С10 L 1/04, 2013 г.). Топливо содержит тяжелую нефтяную фракцию и стабилизатор, в качестве которого используют карбоксилат натрия, при следующем соотношении компонентов, % масс.: карбоксилат натрия 20–30, тяжелая нефтяная фракция — остальное.

Результаты сопоставления двух технологий представлены в табл. 17.11.

Таблица 17.11. Результаты сопоставления технологий получения топлива для котельных на основе нефтесодержащих отходов

| Технологии | Технологические показатели | Экономические показатели | Экологические показатели |
|--------------|--|--|--|
| Технология 1 | Полнота извлечения полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/> Характеристики качества полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/> Объем извлекаемого полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/> Соответствие продукта извлечения ВМР требованиям к его качеству (строительные материалы, грунты, нефтепродукты...) <input checked="" type="checkbox"/> | Затраты на сбор и транспортировку нефтешламов к месту переработки <input checked="" type="checkbox"/> Затраты на получение полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/> Цена полезного продукта. Снижение платежей за негативное воздействие | Процент утилизации отходов — полная утилизация <input checked="" type="checkbox"/> Объем выбросов при термической утилизации. Характеристики опасности отходов после получения ВМР. Характеристики токсичности выбросов и сбросов при получении ВМР. Характеристики токсичности выбросов, сбросов, отходов при использовании отходов как ВЭР |
| Технология 2 | Полнота извлечения полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/> Характеристики качества полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/> Объем извлекаемого полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/> Соответствие продукта извлечения ВМР требованиям к его качеству (строительные материалы, грунты, нефтепродукты...) <input checked="" type="checkbox"/> Низкая стабильность, высокое содержание серы и высокая зольность | Затраты на сбор и транспортировку нефтешламов к месту переработки <input checked="" type="checkbox"/> Затраты на получение полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/> Цена полезного продукта <input checked="" type="checkbox"/> Снижение платежей за негативное воздействие — в связи с высокой зольностью и содержанием серы платежи за загрязнение атмосферы выше | Процент утилизации отходов — полная утилизация <input checked="" type="checkbox"/> Объем выбросов при термической утилизации — выше. Характеристики опасности отходов после получения ВМР — образование дополнительных отходов в связи с более высокой зольностью отходов. Характеристики токсичности выбросов и сбросов при получении ВМР — предположительно менее удовлетворительны |

Таким образом, технология 1 получения топлива для котельных оказывается более предпочтительной по всему набору параметров:

- по технологическим: в связи с более высокой стабильностью;
- по экономическим: при очевидно близких затратах на получение полезного продукта (исходное «сырье» — отходы различных отраслей) предполагаются более высокие платежи за негативное воздействие на окружающую среду при использовании менее экологичного топлива (технология 2 — высокая зольность и повышенное содержание серы);
- по экологическим: дополнительные выбросы при сжигании топлива по технологии 2 в связи с повышенным содержанием серы и зольностью.

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Проведенный анализ подходов к использованию отходов нефтедобычи в качестве вторичных ресурсов показывает, что существующие технологии позволяют значительно сократить объемы неиспользуемых отходов. В первую очередь это касается рециклируемых видов ВМР: лома металлов, отдельных компонентов ТКО, однако основная масса отходов, которые могут подвергаться вторичному использованию, — нефтесодержащие отходы, прежде всего нефтешламы.

Анализ отечественных и зарубежных патентных баз показал появление за последние 20 лет значительного количества разработок технологий утилизации нефтешламов с получением полезных продуктов. Основные направления разработки таких технологий включают:

- *использование отходов как ВЭР*: разработки посвящены созданию технологий сжигания нефтесодержащих отходов с получением максимального выхода энергии при соблюдении жестких экологических требований к эмиссиям загрязняющих веществ в процессе горения;
- *разработка новых более экологичных материалов из шламов* связана в основном с созданием строительных материалов, которые могут впоследствии использоваться для дорожного строительства; важным моментом также являются, помимо удовлетворительных качеств собственно строительного материала, его экологические характеристики;
- *повышение качества извлекаемых полезных компонентов ВМР* (нефтепродукты) — направление утилизации нефтесодержащих отходов, которое акцентируется на максимально полном извлечении нефтепродуктов из них, причем получаемые продукты должны иметь «товарное» качество, быть пригодными для использования в отраслях экономики наравне с продукцией, которая производится из исходного сырья (добываемой нефти);
- *совершенствование технологий очистки загрязненных грунтов* ориентировано прежде всего на восстановление загрязненных грунтов; получение товарной продукции в виде извлеченных нефтепродуктов в данном случае не является основной целью; весьма перспективны здесь методы биологической рекультивации с использованием бактериальных препаратов, приемов фиторемедиации и др.; достигается довольно полная степень очистки грунтов, которые впоследствии могут использоваться по своему исходному назначению в связи с достижением требуемых показателей качества (уровней загрязнения грунтов ниже допустимых пределов);
- *снижение объемов образования отходов в целом* — одно из основных направлений современного менеджмента отходов. Снижение объемов нефтяных загрязнений может достигаться прежде всего за счет четкого планирования операций по обращению с нефтью и нефтепродуктами, контроля качества проведения технологических операций, а также тщательной подготовки мероприятий по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти.

Помимо перечисленных технологий важным моментом является необходимость ликвидации накопленных экологических ущербов, связанных с деятельностью предприятий нефтедобычи. Учитывая объемы накопленных нефтесодержащих отходов и длительность их хранения, в ряде случаев необходима «адаптация» перечисленных выше технологий для переработки «исторических» загрязнений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Барахнина, В. Б.* Использование нефтешлама в качестве вторичного материально-сырьевого ресурса / В. Б. Барахнина // Экологический вестник России. — 2011. — № 9. — С. 16–21.
2. Временный норматив оснащенности вышкомонтажной бригады техническими средствами. — М. : ВНИИОЭНГ, 1981. — 361 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». — М. : МПР, 2018. — 298 с.
4. ГОСТ 31607–2012. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. — М., 2012. — 12 с.
5. ГОСТ Р 54098–2010. Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения. — М., 2010. — 24 с.
6. Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на суше на месторождениях углеводородов поликомпонентного состава, в том числе сероводородсодержащих. РД 51-1–96. — Минтопэнерго ; Минприроды РФ, 1996.
7. ИТС 28–2017. Добыча нефти / Росстандарт. — М. : Бюро НДТ, 2017. — 281 с.
8. Методика определения вторичных материальных ресурсов и их номенклатуры. — М., 1984. — 65 с.
9. Методические рекомендации по нормированию расхода материалов на техническое обслуживание и ремонт основных фондов нефтяной промышленности. — М. : ВНИИОЭНГ, 1989. — 62 с.
10. Методические указания по разработке нормативов образования отходов и лимитов на их размещение. — М. : МПР РФ, 2002. — 64 с.
11. *Немировская, И. А.* Нефть в океане. Загрязнение и природные потоки / И. А. Немировская. — М. : Научный мир, 2013. — 432 с.
12. Нормирование расхода и запасов материальных ресурсов в бурении. — М. : Недра, 1979. — 183 с.
13. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 г. № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (с изменениями и дополнениями) // Гарант.ру : информационно-правовой портал. — URL: <http://base.garant.ru/71695086/> (дата обращения: 24.10.2019 г.).
14. Паспорт Федеральной целевой программы «Ликвидация накопленного экологического ущерба» на 2014–2025 годы [электронный ресурс]. — URL: <http://biotech2030.ru/wp-content/uploads/ФЦП-Ликвидация-накопленного-экологического-ущерба-на-2014-2025.pdf> (дата обращения: 15.05.2019). — Загл. с экрана.
15. Пат. 2500792 Российская Федерация, МПК С10 L 1/04, С10 L 1/10, С10 L 1/18, С10 L 1/22, С10 L 10/00. Котельное топливо / Е. Р. Шпербер, Д. Р. Шпербер, Т. Н. Боковикова, Р. Е. Шпербер, Б. Е. Шпербер, Л. И. Дун, М. И. Дун. — Заявл. 16.11.12 ; опубл. 10.12.13, Бюл. № 34.
16. Пат. 2536897 Российская Федерация, МПК В09 В 3/00. Способ переработки нефтесодержащих отходов / Г. Новахов, Б. Б. Бобович. — Заявл. 19.06.13 ; опубл. 27.12.14, Бюл. № 36.
17. Пат. 2553998 Российская Федерация, МПК С10 L 1/18, С10 L 1/10, С10 L 1/04, С10 L 10/00. Топливо для котельной ТОКОШ / Р. Е. Шпербер, Д. Р. Шпербер, Е. Р. Шпербер, Б. Е. Шпербер, И. В. Дун, И. Р. Дун, Л. И. Дун, М. И. Дун, С. И. Дун. — Оpubл. 20.06.2015.
18. Пат. 81445 Российская Федерация, МПК В03 В 9/06. Технологический передел для утилизации буровых нефтешламов / Ю. П. Кудрявский, М. В. Зальберман, Б. Е. Шенфельд. — Оpubл. 20.03.09.
19. *Пуликовский, К. Б.* Повышение безопасности транспортировки нефти на основе управления риском : автореф. дисс. ... канд. тех. наук / К. Б. Пуликовский. — Уфа : ГУП «Институт проблем транспорта энергоресурсов», 2007. — 27 с.
20. РД 39-3-819–91. Методические указания по определению объемов отработанных бурильных растворов и шламов при строительстве скважин / Миннефтепром. — 15 с. — URL: <https://pdf.standartgost.ru/catalog/Data2/1/4293828/4293828789.pdf> (дата обращения: 24.10.2019).
21. РДС 82-202–96. Правила разработки и применения нормативов трудноустраняемых потерь и отходов материалов в строительстве / Госстрой России. — М., 2001. — 28 с.
22. *Редина, М. М.* Экологическая безопасность в нефтегазовом комплексе / М. М. Редина, А. П. Хаустов. — М. : РУДН, 2016. — 191 с.
23. *Салахова, Г. М.* Изменения эколого-физиологических параметров растений и ризосферной микробиоты в условиях нефтяного загрязнения и рекультивации почвы : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Г. М. Салахова. — Уфа, 2007. — 24 с.

24. Сборник типовых норм потерь материальных ресурсов в строительстве (дополнение к РДС 82–202–96) / Госстрой России. — М., 1998. — 49 с.
25. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. — М., 1999. — 65 с.
26. Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления. — М., 1996. — 57 с.
27. Тригубова, Е. А. Технологические решения по снижению и нейтрализации вредного воздействия отходов бурения на окружающую среду / Е. А. Тригубова, А. В. Бородай. — М. : ООО «ИРЦ Газпром», 2002. — 59 с.
28. Хаустов, А. П. Охрана окружающей среды при добыче нефти / А. П. Хаустов, М. М. Редина. — М. : Дело, 2006. — 544 с.
29. Хаустов, А. П. Чрезвычайные ситуации и экологическая безопасность в нефтегазовом комплексе / А. П. Хаустов, М. М. Редина. — М. : Изд-во ГЕОС, 2009. — 456 с.
30. Хаустов, А. П. Экологические проблемы количественной оценки аварийности нефтепроводного транспорта / А. П. Хаустов, М. М. Редина, И. Н. Кунаев // Технологии нефти и газа. — 2011. — № 5. — С. 58–64.
31. Хаустов, А. П. Экологические проблемы оценки образования нефтешламов при авариях / А. П. Хаустов, М. М. Редина // Экологический вестник России. — 2011. — № 7. — С. 24–30; № 8. — С. 34–39.
32. Шпербер, Е. Р. Некоторые виды отходов нефтеперерабатывающих заводов и их классификация / Е. Р. Шпербер // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2011. — № 2. — С. 27–33.
33. Sachstandsbericht des Gespraechskreis BITUMEN / Hrsg. R. Ruehl, U. Musanke. — Maerz, 2001.