

**Ю.А. ПОДАВАЛОВ**

**ЭКОЛОГИЯ  
НЕФТЕГАЗОВОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

*Монография*

Инфра-Инженерия  
Москва 2010

УДК 502.3 + 622.32 + 665.6 ББК

35.514 (я73)

П44

**Рецензент** - главный эколог отдела ТЭИ и ЭБОАО "Тип-ровостокнефть" *В.П. Кащеев*.

**Подалов Ю.А.**

П44 Экология нефтегазового производства. - Москва:

Инфра-Инженерия, 2010. - 416 с.

ISBN 978-5-9729-0028-2

Приведены сведения об общей экологической обстановке, создавшейся в результате деятельности людей. Рассмотрены механизмы возникновения негативных влияний объектов нефтяной и газовой отраслей промышленности на окружающую природную среду, изложены задачи, стоящие перед нефтяниками по охране и улучшению окружающей среды при строительстве скважин, нефтегазодобыче, транспортировке нефти и газа, переработке. Описаны нефтяные загрязнения мирового океана. Содержание подкреплено разнообразными примерами.

Учебное пособие предназначено для специалистов, занимающихся вопросами природопользования и охраны окружающей среды на нефтегазовых предприятиях, а также для аспирантов и студентов-нефтяников очного и заочного обучения.

© Подалов Ю.А., автор, 2010 © Издательство  
«Инфра-Инженерия», 2010

ISBN 978-5-9729-0028-2



## ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АВПД - аномально высокое пластовое давление  
АВТ - атмосферно-вакуумная установка для перегонки нефти  
АГЗУ - автоматизированная групповая замерная установка  
БЗ - боновое заграждение  
БКНС - блочная кустовая насосная станция  
БПР - блок приготовления бурового раствора  
БС - буровое судно  
БСВ - буровые сточные воды  
БУ - буровая установка  
БШ - буровой шлам  
ВДК - временно-допустимая концентрация  
ВМК - вышкомонтажная контора  
ВМЦ - вышкомонтажный цех  
ВПК - военно-промышленный комплекс  
ГНВП - газонефтеводопроявление  
ГПМТ - гибкая полимерно-металлическая труба  
ГСМ - горючесмазочные материалы  
ДВС - двигатель внутреннего сгорания  
ДНС - дожимная насосная станция  
КИН - коэффициент извлечения нефти  
КИП и А - контрольно-измерительные приборы и аппаратура  
КНС - кустовая насосная станция  
ММП - многолетнемерзлые породы  
МСП - морская стационарная платформа  
НПЗ - нефтеперерабатывающий завод  
НСП - нефтесборный пункт  
ОБР - отработанный буровой раствор  
ОБУВ - ориентировочно безопасные уровни воздействия  
ООН - Организация Объединенных Наций  
ОС - окружающая среда  
ПАВ - поверхностно-активные вещества  
ПДВ - предельно допустимый выброс  
ПДК - предельно допустимая концентрация  
ПЛА - план ликвидации аварий  
ППБУ - полупогружная плавучая буровая установка  
ППД - поддержание пластового давления  
ПС - подстанция  
РВС - резервуар вертикальный стальной РД - руководящий документ

#### Экология нефтегазового производства

СанПиН - санитарные правила и нормы  
СЗЗ - санитарно-защитная зона  
СНиП - строительные нормы и правила  
СПАВ - синтетические поверхностно-активные вещества  
СПБУ - самоподъемная плавучая буровая установка  
СПО - спускоподъемные операции  
СЭН - санитарно-эпидемиологический надзор  
ТО и ПР - техническое обслуживание и плановый ремонт  
ТЭС - тепловая электростанция  
УКК - учебно-курсовой комбинат  
УКПГ - установка комплексной подготовки газа  
УКПН - установка комплексной подготовки нефти  
УЭЦН - установка погружного центробежного электронасоса  
ЦДНГ - цех добычи нефти и газа  
ЦНС - центробежный насос секционный  
ЧС - чрезвычайная ситуация  
ШГНУ - штанговая глубинная насосная установка  
ЭЛОУ - электрообессоливающая установка

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современную экологическую обстановку на планете Земля можно назвать критической. Такое положение сложилось из-за негативного воздействия на окружающую природу всех без исключения отраслей промышленности высокоразвитых стран мира. По совокупности воздействия различные предприятия планеты создали такую ситуацию, о которой специалисты-экологи говорят как о приближающейся экологической катастрофе. Какой она будет и когда, никто не знает, но она будет. Особенность человечества как раз и состоит в том, что оно, зная об экологической опасности, целеустремленно приближается к ней. Возможно, погибнет не только человечество, но и все живое. Еще в 1820 г. Жан Батист-Ламарк в своей книге "Аналитическая система положительных знаний человека" отмечал, что "назначение человека как бы заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар непригодным для обитания". Где же выход из создавшейся ситуации? Как разумно остановить приближение гибели человечества? Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо проследить развитие цивилизации людей и влияние их деятельности на окружающую природу.

Наши далекие предки зависели от природы, как и все остальные виды живых организмов. Они находили пищу и воду, использовали укрытия или строили примитивные жилища, защищаясь от хищников. Единственным источником энергии для древних людей была пища, а сами они влияли на природу через свою жизнедеятельность и мускульную силу. Однако главный путь эволюции человека - прогрессивное развитие головного мозга в сочетании с общественным, социальным образом жизни и изготовлением орудий труда - привел к новым возможностям приспособления к жизни на Земле.



#### Экология нефтегазового производства

На протяжении многих веков человечество относилось к природе как к практически неиссякаемому источнику достижения благополучия. Вспахать больше земли, срубить больше деревьев, добыть больше угля и руды, построить больше дорог и заводов считалось основным направлением прогрессивного развития и пути процветания.

В результате развития промышленности и транспорта, по мере овладения новыми источниками энергии от огня и пара до электричества и атомных реакторов, человеческое общество уже не приспосабливается к жизни в условиях дикой природы, а наоборот, приспосабливает природу к своим нуждам и целям. Современный человек, живущий в городе или деревне, видит вокруг себя сильно преобразованную среду. Многоэтажные дома и коттеджи, электричество и газ, асфальтовые дороги, транспорт и прочее - вот что окружает человека.

Жизнь людей в созданной ими среде и быстрый прогресс науки и техники породили иллюзию возрастания независимости человечества от природной среды. Современная цивилизация основана главным образом на использовании энергии горючих ископаемых: каменного угля, нефти, торфа, горючих сланцев. Увеличивая их потребление, человечество все больше зависит от продуктов древней биосферы.

Еще несколько десятков лет назад не возникало серьезных опасений по поводу того, что воздействие человека на природу может оказаться столь масштабным и трагичным. Теперь нужно говорить о глубочайших ранах, которые мы нанесли и продолжаем наносить природе, следуя бывшему очень вредному лозунгу: "Нам нельзя ждать милостей от Природы! Взять их у нее - наша задача". Этот лозунг, отражающий односторонне-потребительское отношение человека к природе, должен быть забыт, его необходимо заменить другим призывом: "Воспитать экологическое сознание у людей!".

Специалисты в любой сфере деятельности должны обладать экологическими знаниями, понимать сущность современных проблем взаимодействия общества и природы. Они должны разбираться в негативных воздействиях хозяйственной деятельности на окружающую природную среду, уметь квалифицированно оценить характер, направленность и последствия влияния конкретной деятельности человека на природу, увязывая решение производственных задач с соблюдением соответствующих природоохранных требований, вырабатывать



#### Введение

и осуществлять научно обоснованные решения экологических проблем.

Цель данного издания - разъяснить элементы негативного воздействия на биосферу планеты, конкретизируя их примерами из деятельности нефтяной и газовой промышленности. Главное - развить экологическое самосознание у специалистов отрасли.

## ГЛАВА I ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Экология как наука оформилась в XIX столетии. Ее название предложил и ввел в научную литературу в 1866 г. известный немецкий естествоиспытатель Эрнст Геккель. Оно происходит из сочетания двух греческих слов: «ойкос» (дом, жилище, место обитания) и «логос» (учение, наука). Э. Геккель назвал так зарождающуюся науку «об отношениях организмов с окружающей средой».

Экология - наука о взаимодействии живых организмов и их систем с окружающей средой. Под живыми организмами понимается не только человек, но и все остальные живые представители природы: животные, растения, простейшие организмы. Под окружающей средой (ОС) понимается совокупность компонентов природной среды, природных, природно-антропогенных и антропогенных объектов. Есть шутивное изречение: «Окружающая среда - это то, что останется от природы, если изъять из нее человека».

В соответствии с российским экологическим законодательством применяются следующие основные понятия:

- компоненты природной среды - земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле;

- природный объект - естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства;

- природно-антропогенный объект - природный объект, измененный в результате хозяйственной или иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком и имеющий рекреационное и защитное значение;

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

- антропогенный объект - объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов.

С борта космического корабля Земля представляется маленьким зелено-голубым оазисом в космической пустыне (рис. 1.1). Жизнь на Земле существовала не всегда. После эпохи динозавров из числа млекопитающих выдвинулся самый разумный вид - человек. Вид *homo sariens* появился немногим более 3 млн лет назад (рис. 1.2).

Известно, что все в мире имеет начало и конец. Для нормальной жизнедеятельности человеку нужны воздух, вода, пища, животный мир и растения. Все это сосредоточено в тонкой оболочке планеты - биосфере. Фауна и флора развиваются здесь в тесной связи разнообразных видов жизни между собой и с окружающей средой - почвой, водой, воздухом.

Человечество со своей прогрессирующей технологией иллюзорно обособилось от животного мира. В погоне за материальными благами оно все более варварскими методами разрушает свою колыбель - биосферу, ускоренно приближая к концу историю эволюции. Поэтому стратегической задачей



*Рис. 1.1.* Вид на планету Земля из космоса



#### Экология нефтегазового производства

экологии является развитие взаимодействия природы и общества на основе нового взгляда, рассматривающего человеческое общество как неотъемлемую часть биосферы.

Истощение природных ресурсов, загрязнение ОС вредными для человека отходами и угроза разрушения экологических связей в природе породили новую форму взаимодействия общества и природы, которую назвали охраной окружающей среды. Это система государственных, общественных, административно-хозяйственных, научных, технико-производственных, экономических и юридических мероприятий, направленных на поддержание благоприятных для жизни условий, рациональное использование, сохранение и воспроизводство естественных ресурсов планеты Земля в интересах удовлетворения материальных и духовных потребностей нынешнего и будущего поколения людей.

В последнее время вышел в свет целый свод законов РФ, касающихся охраны окружающей среды. Важнейшими из них являются: «Об охране окружающей среды» (2002 г.), «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1999 г.), «О животном мире» (1995 г.), «О недрах» (1992, 1995 гг.), «Об экологической экспертизе» (1995 г.), Водный кодекс (2002 г.) и др. В основу этих законов положены принципы экономического стимулирования, рационального природопользования, органической связи между развитием экономики и экологизацией всех сфер жизни. Это закреплено и в международных соглашениях. Так, в решении Конференции ООН по ОС (Рио-де-



Рис. 1.2. Homo sapiens



Жанейро, 14.06.1992 г.) записано: «Для того чтобы добиться устойчивого развития, охрана окружающей среды должна стать неотъемлемой частью процесса развития» (принцип 4). И далее: «Мир, развитие и защита окружающей среды взаимосвязаны и неразделимы» (принцип 25).

## **1.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ**

Экология своими корнями уходит в далекое прошлое. Экология приобрела практический интерес еще на заре развития человечества. В примитивном обществе каждый индивидуум для того, чтобы выжить, должен был иметь определенные знания об окружающей среде, или о силах природы, растениях и животных. Можно утверждать, что цивилизация возникла тогда, когда человек научился использовать огонь и другие средства и орудия, позволяющие ему изменять среду своего обитания.

Экология развивалась непрерывно, но неравномерно на протяжении истории человечества. Судя по дошедшим до нас орудиям охоты, наскальным рисункам о способах культивирования растений и лова животных, обрядам, люди еще на заре становления человечества имели отдельные представления о повадках животных и их образе жизни, сроках сбора и произрастания растений, способах их выращивания и ухода за ними. Сведения подобного рода мы находим в сохранившихся памятниках древнеегипетской, индийской, тибетской культур.

В истории развития экологии можно выделить три основных этапа.

*Первый этап* - накопление фактического материала, зарождение и становление экологии как науки (до 60-х гг. XIX в.). На этом этапе накапливались данные о взаимосвязи живых организмов со средой их обитания, делались первые научные обобщения. Накопление экологических знаний шло в основном в сфере зоологии и анатомии.

*Второй этап* - оформление экологии в самостоятельную отрасль знаний (после 60-х гг. XIX в.). Второй этап развития науки связан с крупномасштабными ботанико-географическими исследованиями в природе. В конце второго этапа развития экологии (1945-1955 гг.) человек осознал, какой вред природе может принести неконтролируемое развитие крупной промышленности. Начался "экологический бум", вызванный интенсификацией промышленной деятельности. Стало уже очевидным, что нарушения ОС, вызванные человеком, имеют не

только местное значение, но и приобретают планетарный характер.

*Третий этап* характеризуется дальнейшим увеличением числа и глубины работ по экологическим проблемам. В этот период окончательно завершилось отделение экологии от других наук. Вместе с тем экология стала контрольной точкой в деятельности людей.

Если на развитие экологии посмотреть с точки зрения развития человечества, то можно отметить 4 периода, различных по времени и силе воздействия людей на природу.

*Первый период* охватывает эру наиболее примитивной культуры каменного века и первобытно-общинного уклада жизни. Сравнительно малочисленные человеческие племена были в ту пору рассеяны по широким пространствам Земли, и воздействие их на природу ограничивалось рыболовством и охотой на диких животных, мясо которых использовалось в пищу, а шкуры и сухожилия - для пошива одежды. В те далекие времена человек уже знал некоторые свойства камня и отдавал предпочтение определенным горным породам при изготовлении орудий труда и защиты.

В этот период характерно преклонение человека перед обожествленными им силами природы, пока еще таинственными, часто недобрыми, всегда неожиданными в своих проявлениях. Это был самый длительный период взаимодействия человека с природой, приведший к мало ощутимым изменениям в ней.

*Второй период* соответствует времени с начала земледелия, т.е. от VIII-VII вв. до н.э., до становления промышленного производства в XV в. н.э. Это был период рабовладельческого и феодального общества, период активного развития скотоводства и земледелия. Широкий размах в это время приобретает ирригация земель в низовьях Нила, в Средней и Малой Азии, в Индии, Китае, Южной и Центральной Америке. Ирригационные системы прошлого характеризуются целостностью конструкции, высокой продуктивностью орошаемых массивов, о чем свидетельствует значительная плотность населения в этих районах. Например, на орошаемых землях Туркмении в позднем неолите, т.е. во 11-1 вв. до н.э., оно достигало 80-90 человек на 1 км<sup>2</sup>.

Наряду с поверхностными водами для орошения земель и обводнения пастбищ начинают успешно использоваться подземные воды, извлекаемые дренажными галереями, перехватывающими подземные потоки в предгорьях хребтов Средней и Малой Азии, Азербайджана.

Интенсивное использование древесины как основного энер-

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

гетического источника и строительного материала приводило к сокращению площади лесных массивов. Так, для строительства только одного парусного корабля требовалось до 400 вековых дубов. «Непобедимая армада» стоила Испании более полумиллиона вековых деревьев, вырубка которых на склонах гор активизировала эрозионные процессы и привела к необратимым неблагоприятным изменениям природных ландшафтов страны, ничем не компенсированным в последующие эпохи.

Развитие мореходства немало способствовало расширению морского промысла, прежде всего добычи китов. Этот промысел постепенно превращается в выгодное предпринимательство, а стадо китов начинает сокращаться.

*Третий период* охватывает XVI-XIX вв. Это время становления и развития капитализма, характеризующееся постепенной концентрацией производительных сил, развитием частного предпринимательства, постоянными захватническими войнами, приведшими к разделу мира. Этот период ознаменовался, прежде всего, активным освоением минерально-сырьевых ресурсов, развитием горного дела, металлургии и добычи угля, потеснившего такой энергетический источник, как дерево.

Расширение и совершенствование производства в развивающихся капиталистических странах протекали на фоне его непрерывной концентрации в промышленных районах и роста населения в городах, обслуживающих эти промышленные предприятия. Начался интенсивный процесс урбанизации. Использование угля в качестве топлива, отсутствие дымоулавливающих и водоочистных сооружений приводили к быстрому загрязнению воздушного бассейна, речных систем, а местами - к деградации растительного покрова. Это пагубное воздействие испытали на себе в первую очередь горнопромышленные районы Великобритании, Центральной Европы (Рурская область, Силезия), России (Южный Урал) и Соединенных Штатов Америки.

В период становления и развития капитализма осмысливается дилемма: «Человек над Природой» или «Человек в Природе». С таким теоретическим и практическим базисом мир входил в буржуазный XX в.

*Четвертый период* взаимодействия человека с природой - период капитализма и социальных революций. В 20-м столетии произошла очередная промышленная революция. Стремительный прогресс техники, развитие энергетики, транспорта, строительства привели к увеличению добычи природных ископаемых, сжигаемого топлива, накоплению отходов производства. Резко усилилось

### Экология нефтегазового производства

влияние на природные экосистемы. Рост народонаселения и техногенный характер использования природы привели к угрозе экологических нарушений, затрагивающих не только отдельные государства и страны, но и всю биосферу в целом.

Гигантскими темпами возрастала добыча нефти и газа. Нефть становится основным источником энергетического и химического сырья, транспортировка и переработка которого способствуют усилению загрязнения ОС и особенно мирового океана.

Сейчас наблюдается переход к *пятому периоду* - осмысления негативного воздействия людей на окружающую природную среду. От нас зависит судьба планеты. Человек - это часть природы, и в этом отношении было бы неправомерным противопоставление природы и человека как сил внешних по отношению друг к другу.

Гармоничное сосуществование природной среды и техногенного воздействия на нее возможно только в результате научно обоснованного компромисса между объектами природы и социальной деятельности человека. Ответственность за такой компромисс лежит на инженерной экологии.

## **1.2. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ**

Земля - третья планета от Солнца (после Меркурия и Венеры) - вместе с другими восемью планетами входит в состав Солнечной системы и вращается вокруг Солнца. Земля - крупнейшая по диаметру, массе и плотности среди земледобных планет. Космический корабль Земля уникален среди планет Солнечной системы.

В тонком слое, где встречаются и взаимодействуют воздух, вода и земля, обитают удивительные объекты - живые существа, среди которых находятся и люди.

Планета Земля формировалась в течение длительного времени, не поддающегося исчислению. Возраст Земли, по разным оценкам специалистов, составляет 4,3-4,5 млрд лет. Вскоре после образования Земля приобрела свой единственный естественный спутник - Луну. Облик планеты постоянно менялся. Считается, что первый этап ее развития (1,5-2 млрд лет) характеризовался отсутствием жизни, но условия были благоприятными для первых живых организмов.

С участием ультрафиолетовых солнечных лучей синтезировались аминокислоты, и возникли первые мельчайшие живые организмы. Атмосфера Земли в то время не содержала свободного кислорода и состояла из азота, аммиака, оксида углерода, водяных

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

паров, ядовитых хлора и сероводорода. Жизнедеятельность организмов стала причиной появления в атмосфере свободного кислорода, который под влиянием ультрафиолетовых лучей обеспечил формирование озонового экрана в верхних слоях атмосферы, защитившего жизнь на Земле от смертоносного ультрафиолетового излучения Солнца.

600 млн лет назад в атмосфере содержалось до 3% кислорода от его современного количества. В это время возникли многоклеточные организмы, а потом произошел эволюционный взрыв: в море появились губки, черви, кораллы, моллюски, морские макрофиты и другие организмы. 350-400 млн лет назад ряд живых организмов вышли из моря на сушу.

Эволюция привела к развитию голосеменных растений и крупных животных. Голосеменные растения сменились современными покрытосеменными, цветковыми, а фауна холоднокровных пресмыкающихся была вытеснена теплокровными животными - млекопитающими. Эволюционный процесс привел к появлению человека - наиболее высокоорганизованного биологического вида.

В настоящее время Земля в результате своего развития сформировалась в таком виде, в каком мы ее воспринимаем. Структуру планеты можно представить в следующем виде (рис. 1.3).

Наиболее изученная часть Земли - биосфера (понятие "биосфера" впервые введено в 1875 г. австралийским геологом Э. Зюссом, дальнейшее учение о биосфере было развито гениальным русским ученым В.И. Вернадским). *Биосфера* - это своеобразная оболочка Земли, содержащая совокупность живых организмов и верхних веществ планеты, которая находится в непрерывном обмене с организмами. По физическим природным условиям биосфера включает в себя три сферы:

#### Экология нефтегазового производства

атмосферу (тропосферу) высотой до 20 км, гидросферу и литосферу (верхняя часть земной коры) глубиной до 40 км.

*Атмосфера* - это воздушная оболочка планеты, состав которой изменяется с высотой. Средний состав атмосферы, %: азот - 78,09, кислород - 20,95, аргон - 0,93, углекислый газ - 0,03, пары воды - 0-4; присутствуют также водород, неон, гелий, ксенон, озон, пыль, аэрозоли и т.д.

*Земная кора* - верхняя часть остывшей Земли. Земная кора, согласно теории плоскостной тектоники А. Вегенера, постоянно изменяется, омолаживается, циркулирует по подземным горизонтам. Толщина коры составляет менее 1% земного радиуса и колеблется от 5-10 км в океане, до 70-80 км на материках. На земной коре покоится гидросфера.

*Гидросфера* - водная оболочка планеты, включающая в себя воды морей, океанов, озер, рек, болот, земной коры, а также ледники. Наибольшая глубина океана составляет 11 022 м (Марианский желоб в Тихом океане). Предполагают, что в жидкой фазе вода присутствует в недрах только до глубин 10-12 км, глубже она находится в парообразном и химически связанном состоянии.

*Литосфера* - это твердая оболочка, различающаяся по составу и строению на материках и в океане. На материках в составе литосферы выделяют три слоя: осадочный (мощность до 20 км), гранитный (10-40 км) и базальтовый (15-30 км). Осадочный слой образовался путем осаждения продуктов разрушения пород в водной среде и на суше с последующим уплотнением и цементацией. Наименьшая глубина литосферы под океанами - 5-7 км.

*Мантия Земли* - переходная оболочка от твердого состоя-



Рис. 1.3. Строение Земли

ния к жидкому. Глубина мантии составляет до 2900 км.

*Ядро Земли* - генератор энергии планеты; находится на расстоянии 2900-6371 км от земной коры. Состав и строение мантии и ядра еще не установлены.

Живые организмы и условия среды обитания образуют экосистему (биосферу), состав которой представлен двумя группами компонентов: *абиотическими* - компонентами неживой природы и *биотическими* - компонентами живой природы. Принципиальная схема экосистемы как совокупности организмов и неживых компонентов, взаимодействующих совместно и связанных потоками вещества и энергии, представлены на рис. 1.4.

Таким образом, биосфера - огромная и чрезвычайно сложная экологическая система, находящаяся в состоянии равновесия. Человек в ней выступает, с одной стороны, как биологическая частица всей системы, а с другой стороны - как активный ее преобразователь. Отсюда видна роль людей в сохранении планеты.

### 1.3. КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ НА ЗЕМЛЕ

На Земле постоянно происходит самоочищение природной среды от загрязняющих природных, техногенных, бытовых,



Рис. 1.4. Схема экосистемы

антропогенных и других веществ. Самоочищение происходит в

связи с круговоротом веществ в природе. Круговорот веществ - это повторяющиеся процессы превращения и перемещения веществ в природе, имеющие более или менее выраженный циклический характер. В зависимости от движущей силы различают круговорот веществ под действием внутренней энергии Земли или внешней энергии Солнца. На планете происходит разномасштабный круговорот веществ, охватывающий как внешние, так и внутренние геосферы, включая мантию и ядро. Различают:

1. Геологический круговорот (большой). Одной из ветвей планетарного геологического круговорота веществ являются вулканические извержения, регистрируемые сейсмографами на глубинах до 900 км в тектонически активной части планеты - тектоносфере. По современным представлениям, тектоносфера состоит из отдельных плит, медленно перемещающихся относительно друг друга, что вызывает рост гор и земные опускания.

Значительно лучше изучен круговорот веществ во внешних оболочках Земли. Так, продукты разрушения почв и горных пород с возвышенных участков суши переносятся вниз по рельефу местности и осаждаются в морских континентальных бассейнах, формируя илы и осадки, а затем осадочные горные породы. На поверхности планеты происходит постоянное перемещение веществ с возвышенных участков в понижения рельефа и главным образом в морские акватории - конечные бассейны стока.

2. Биотехнический (биологический) круговорот (малый). Это круговорот веществ в результате деятельности живых организмов (круговорот углерода, азота, кальция и т.д.). Он характеризуется тем, что все погибающее служит строительным материалом для нарождающегося. Все живые организмы взаимодействуют между собой благодаря "биологическому производству". Вещества, образующиеся при этом, не имеют отходов. Это тот идеал, к которому должен стремиться человек при хозяйственной деятельности.

Биологический круговорот веществ подчиняется трем основным закономерностям:

а) цикличность - способность живых организмов производить себе подобных (воспроизводство растений через семена и животных - через потомство);

б) уничтожение отходов в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, насекомых и животных, питающихся отжившим органическим веществом;

в) рациональное использование природных ресурсов.

Главная закономерность планеты заключается в круговороте

## **Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ**

веществ в природе, который осуществляется при участии всех организмов биосферы, т.е. при котором происходит циркуляция веществ между атмосферой, почвой, гидросферой и живыми организмами. Благодаря этому существует длительное развитие жизни на Земле.

3. Энергетический круговорот. К источникам энергии относятся солнце, ветер, геотермальные источники, приливы и отливы, реки. Основным энергетическим источником является Солнце, которое поддерживает жизнедеятельность живых организмов на планете.

4. Круговорот воды. Большое значение для развития живых организмов и биосферы в целом имеет круговорот воды на Земле. С поверхности морей и океанов испаряется огромное количество воды. Пары воды в атмосфере образуют облака, а затем вода в виде осадков выпадает на сушу, питая растения, озера, ручьи, верхние горизонты подземных вод и стекая реками в океан. Испарение воды с поверхности водоемов представляет собой процесс ее опреснения, протекающий в планетарном масштабе.

5. Антропогенный круговорот - обмен веществ в результате деятельности человека.

Таким образом, биосфера представляет собой сложную экологическую систему, стабильность которой обусловлена тем, что результаты деятельности природы уравниваются (замкнутый круговорот). К сожалению, в зоне влияния промышленных предприятий формируются принципиально новые экосистемы, которые порой не обладают способностью к саморегулированию; их устойчивость определяется интенсивностью и частотой техногенного воздействия, что приводит к истощению природных ресурсов и загрязнению ОС.

### **1.4. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ**

Под природными ресурсами понимаются конкретные виды материи и энергии, которые используются или могут быть использованы человеком в процессе своего труда и жизнедеятельности. К ним относятся разнообразные полезные ископаемые, вода, воздух, почва, растения, животный мир и иные микроорганизмы, строительные камни, руды черных и цветных металлов, камни-самоцветы, золото, серебро, нефть, газ, уголь, солнечная, атомная и другая энергия и т.д.

В современном мировом хозяйстве применяется свыше 250 разновидностей полезных ископаемых.

В общем объеме потребляемых человеком природных

#### Экология нефтегазового производства

ресурсов более 70% приходится на ресурсы недр. Из них производится 94% энергоносителей (моторное топливо, топливо для тепловых и атомных электростанций), свыше 90% продукции тяжелой индустрии (проката труб, конструкционных материалов), около 75% строительных материалов, 60% удобрений, 50% товаров народного потребления непищевого назначения.

Природные ресурсы классифицируются:

1) по происхождению:

- ресурсы природных компонентов (минеральные, климатические, водные, растительные, земельные, почвенные, животного мира);
- ресурсы природно-территориальных комплексов (горно-промышленные, водохозяйственные, лесохозяйственные);

2) по видам хозяйственного использования:

- ресурсы промышленного производства (горючие полезные ископаемые, гидроэнергоресурсы, ядерное сырье, земельные, рыбные);
- ресурсы сельскохозяйственного производства (земельно-почвенные, растительные ресурсы - кормовая база, воды орошения, водопоя);

3) по признаку исчерпаемости:

- невозобновляемые (минеральные, земельные);
- возобновляемые (ресурсы растительного и животного мира, почвы);
- неисчерпаемые (водные, климатические, энергия ядра, Солнца);
- исчерпаемые (нефть, газ, разнообразные руды, растения, животные и т.д. - т.е. ресурсы, которые могут использоваться лишь один раз).

Резко истощились запасы руд некоторых металлов - меди, свинца, цинка и др. Из возобновляемых ресурсов сильно пострадали почвы, леса, промысловые животные. Площадь, покрытая лесами, стремительно сокращается на планете, в настоящее время - ежегодно на 2%. Природные леса сведены людьми уже на 2/3. О масштабах потребления леса в США свидетельствует тот факт, что только на один тираж утреннего выпуска газеты "Нью-Йорк-Таймс" требуется вырубка 60 га площади леса.

Земля обладает большими запасами полезных ископаемых. Ресурсы гидросферы составляют почти 1,5 млрд км<sup>3</sup>, в том числе пресной воды в речных руслах 1,2 тыс. км<sup>3</sup>, угля 10-12 трлн т, железных руд 350 млрд т, природного газа 130-140 трлн м<sup>3</sup>. Природные ресурсы на Земле распределены неравномерно.

## **Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Примером неравномерности расположения ресурсов может служить распределение запасов нефти. Так, на начало 1974 г. на Ближний и Средний Восток приходилось 67% добычи нефти, на Африку - 12,5%, Юго-Восточную Азию и Дальний Восток - 3%, Северную Америку - 9%, Центральную и Южную Америку - 5,5%, Западную Европу - 3%. Объясняется это природными процессами, происходящими в земной коре, а также несовершенными методами поиска полезных ископаемых.

Россия по суммарному природно-ресурсному потенциалу является одной из крупнейших держав мира. Страна особенно богата полезными ископаемыми. Россия лидирует по запасам топливно-энергетических ресурсов. В стране находится 50% мировых потенциальных запасов угля, 23% запасов нефти, 73% запасов природного газа. Россия богата запасами железных, медных, алюминиевых и титановых руд. Крайний Север и Сибирь богаты запасами алмазов и благородных металлов. По запасам химического сырья страна занимает первое место в мире. На Россию приходится 23% мировых запасов древесины.

Минеральные ресурсы занимают важное место в пищевом потреблении, на их основе изготавливаются лекарственные препараты. Подземные артезианские воды, значительная часть которых минерализована, широко используются как в бальнеологических целях, так и для питьевого водоснабжения. Минеральные грязи, термальные водные источники являются прекрасным средством для лечения различных заболеваний.

### **1.5. ЭНЕРГЕТИКА**

Без выработки необходимых объемов энергии в наше время невозможно представить существование цивилизации и вообще жизнь современного общества.

В истории человеческого общества тепловую энергию получали, сжигая дрова, солому, навозные кизяки. Жилье освещали лучинами, свечами, плошками с жиром; механическую энергию получали за счет ветряков и водяных мельниц. Транспортные потребности покрывались использованием парусного флота, лошадей, верблюдов, быков, бурлаков, носильщиков и др. Впоследствии на смену средневековым средствам пришла паровая машина, позволившая получать механическую и электрическую энергию для промышленности и транспорта. Далее производителями энергии стали ДВС, использовавшие нефтепродукты, и, наконец, появилась атомная энергия.

Если первобытному человеку было достаточно 300 г условного топлива (210 ккал, или 8,8 МДж) в день, получаемых вместе с пищей, то сегодня в развитых странах на одного человека в год тратится до 13 т условного топлива. Вследствие научно-технической революции расход энергии во всех ее видах растет, удваиваясь каждые 10 лет.

Различают *возобновляемые* и *невозобновляемые* источники энергии. К возобновляемым относятся солнце, ветер, геотермальные источники, приливы и отливы, реки. Невозобновляемыми источниками энергии являются уголь, нефть и газ.

**Солнечная энергия.** По современным представлениям, общее количество солнечной энергии, ежегодно получаемое Землей, составляет примерно  $5 \times 10^{20}$  ккал. В минуту Солнце посылает на Землю столько энергии, сколько за полтора года вырабатывают все электростанции нашей страны. Поэтому проблема освоения этой энергии давно волнует ученых. Однако солнечная энергия относится к рассеянным видам энергии; на  $1 \text{ м}^2$  земной поверхности попадает, в среднем, всего около 160 Вт солнечной радиации. Для использования в практических целях ее надо собирать с большой поверхности. Пока низок и к.п.д. фотоэлектрических преобразователей (не более 25%). Кроме того, смена дня и ночи, а также нередко встречающаяся облачность резко снижают эффективность солнечных установок, делая получаемую энергию более дорогой, чем при использовании традиционных методов.

Специалисты видят выход в создании космических солнечных электростанций (КЭС). В космосе нет восходов и закатов Солнца, нет облаков, препятствующих прохождению лучей. Поэтому на единицу поверхности космической площадки поступает в 10 раз больше энергии, чем на такую же площадь земной поверхности. Уже сегодня разработаны проекты КЭС мощностью 5 млн кВт. Передавать полученную энергию на Землю предполагается лазерным или сверхвысокочастотным излучением. Реализация проекта сдерживается высокой стоимостью доставки станции при запусках транспортных ракет.

**Энергия ветра.** Ветер - это движение воздуха относительно поверхности Земли за счет нагрева различных участков Земли солнечными лучами и различного давления воздуха по высоте земной поверхности.

Первые ветряные электрогенераторы появились в 90-х годах прошлого столетия в Дании. Работы по строительству ветряных электростанций ведутся во многих странах, в том числе в

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Австралии, Великобритании, Канаде, Китае, Нидерландах, Швеции. Россия также располагает огромными ресурсами энергии ветра. Они сосредоточены вдоль побережья Северного Ледовитого океана, а также в районах, прилегающих к Черному, Каспийскому и Балтийскому морям. В ближайшей перспективе установленная мощность ветроагрегатов в нашей стране может быть доведена до 850 тыс. кВт с выработкой электроэнергии в количестве 2-3 млрд кВт в год.

**Геотермальная энергия.** С увеличением глубины температура горных пород повышается, как предполагается, за счет распада радиоактивных элементов и химических реакций. На глубине 1000 км температура достигает примерно 1700-2500 °С.

Существуют два качественно различных источника геотермальной энергии:

1) гидротермальные (паротермальные) источники тепла, представляющие собой подземные запасы горячей воды и пара с температурой 100...350 °С;

2) петротермальные источники, представляющие собой тепло сухих горных пород.

На Камчатке и Курилах, в Японии, Новой Зеландии, Исландии горячая вода и пар выходят на поверхность в виде гейзеров и горячих источников. На Камчатке построено две гидротермальные электростанции - Паужетская и Паратунская мощностью 11000 и 700 кВт соответственно. В других районах воспользоваться теплом подземных вод значительно сложнее, поскольку горячая вода залегает на глубине до 2 км, что требует дополнительных затрат на бурение скважин.

Для извлечения петротермального тепла предполагается с поверхности Земли пробурить две скважины глубиной несколько километров, чтобы достигнуть горных пород с требуемой температурой; затем, соединив забои скважин между собой, закачивать в одну скважину холодную воду, а из другой получать воду, нагретую подземным теплом.

По оценкам ученых, за счет геотермальных станций можно получать не менее 5% общего количества электроэнергии.

### **Энергия приливов и отливов. Морские приливы и отливы**

- следствие воздействия на океаны и моря лунного и солнечного притяжения. Приливы и отливы происходят два раза в сутки. Обычно максимальное поднятие воды над ее минимальным уровнем в открытом океане составляет около 1 м, но в некоторых местах этот перепад значительно больше: на атлантическом побережье Канады - до 18 м, в проливе Ла-Манш

#### Экология нефтегазового производства

- до 15 м, на побережье Охотского моря - до 13 м.

С давних пор люди использовали энергию приливов и отливов, сооружая мельницы и лесопилки, приводимые в движение водой. В XX веке родилась идея приливных электростанций (ПЭС). В 1966 г. во Франции на берегу Ла-Манша была построена ПЭС "Ране" мощностью 240 тыс. кВт. Конструктивно она представляла собой бассейн, отделенный от моря плотиной, в теле которой установлен горизонтально расположенный гидрогенератор. Вода вращала турбину, протекая во время прилива из моря в бассейн, а во время отлива - обратно.

В 1968 г. на Баренцевом море была построена Кислогубс-кая ПЭС мощностью 800 кВт, которая была подключена к общей энергосистеме, что позволило устранить неравномерность подачи электроэнергии потребителям.

Стоимость строительства ПЭС значительно выше, чем гидроэлектростанции такой же мощности. ПЭС не могут решить проблемы энергетике кардинально. Но в экономическое развитие регионов и стран, чье побережье омывает моря, они способны внести определенный вклад. Это относится, в частности, к северным и дальневосточным районам России.

**Энергия рек.** Принцип работы гидроэлектростанции (ГЭС) хорошо известен: вода с верхнего бьефа по каналам в теле плотины подается к лопастям гидравлических турбин; при этом потенциальная энергия падающей воды преобразуется сначала в кинетическую энергию потока воды, а затем в механическую энергию вращения турбин и далее - в электроэнергию.

Возобновляемость гидроэнергии обусловлена тем, что она имеет солнечное происхождение, поскольку вода совершает свой круговорот в природе благодаря Солнцу.

Ресурсы гидроэнергии в России эквивалентны 1 млрд т условного топлива в год и составляют около 10% мировых. В нашей стране находятся крупнейшие в мире ГЭС: Братская на р. Ангаре (мощностью 4,5 млн кВт), Красноярская (6 млн кВт) и Саяно-Шушенская (6,4 млн кВт) на р. Енисей.

Однако строительство ГЭС приводит к отрицательным последствиям экологического характера - затоплению сельскохозяйственных земель и лесных угодий, резкому изменению условий существования ихтиофауны и даже изменению климата прилегающих территорий. Так, каскад Волжских ГЭС привел к затоплению 15,5 млн га земель - черноземов, лесов, лугов. Были затоплены 96 городов и 2500 деревень. Оказались затопленными лесные массивы, торфяники, брошены деревянные постройки,

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

которые гниют под водой и загрязняют Волгу.

В прошлом Волга была рыбной кормилицей России. Осетры и белуги поднимались из Каспия до Рыбинска и Твери, где зимовали, а весной возвращались в Каспий. Ежегодно в Волге вылавливалось до 2 млн центнеров рыбы. В настоящее время пути миграции рыбы из Каспия закрыты Волгоградской плотиной: рыба перед ней выметывает недозревшую икру, что приводит к ее вырождению и гибели. По заключению специалистов, вся волжская рыба больна и ее не рекомендуется употреблять в пищу.

**Ядерная энергетика.** Освобождение и использование ядерной энергии - одно из наиболее крупных событий XX века. К сожалению, первоначально это открытие было использовано в военных целях.

Первая в мире атомная электростанция (АЭС) мощностью 5 тыс. кВт была построена в 1954 году в г. Обнинске Московской области.

Привлекательность ядерной энергетики связана с тем, что обогащенный природный уран и искусственно получаемый плутоний заменяют огромное количество традиционного топлива: 1 г ядерного топлива эквивалентен примерно 2,7 т условного топлива.

До последнего времени атомная энергетика развивалась высокими темпами. Однако авария на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. серьезно подорвала веру в ее безопасность. Небольшой сейсмический толчок и неумелые действия работников станции привели к трагедии. Поскольку на всей территории России сейсмопроявления в 5-6 баллов происходят практически повсеместно, нет гарантии, что Чернобыльская трагедия не повторится.

Чернобыльская катастрофа привела к частичному свертыванию программ строительства новых АЭС. Так, в Германии канцлер Шредер провел через бундестаг законопроект о поэтапной ликвидации в стране всех АЭС. И это в Германии, не имеющей своей нефти и газа, стране с ограниченными запасами каменного угля. Столь же разумно поступил и глава Литвы Валдае Адамкус, проведший в парламенте законопроект о ликвидации в Литве самой мощной в Европе Ингалинской АЭС.

**Энергия угля.** Большая часть всех ресурсов угля на Земле сосредоточена севернее 30 градусов северной широты, причем 75% мировых ресурсов находятся в недрах трех государств - России, США и Китая.

Уголь широко применялся в энергетике вплоть до второй половины XX века. Только с 50-х гг. XX века в энергетическом

балансе почти всех стран мира началось сокращение доли угля. Освобождающуюся нишу заняли нефть и газ - более дешевые и эффективные энергоносители. По данным Американской национальной ассоциации по углю, было израсходовано лишь 2% мировых ресурсов угля. Таким образом, уголь можно назвать топливом XXI века.

Перспективы использования угля связаны с возможностью его открытой (бесшахтной) добычи, применения газификации углей, получения из угля жидких синтетических топлив. Однако пока энергия угля обходится дороже, чем энергия нефти и газа, и добыча угля порою связана с большими человеческими жертвами.

**Энергия нефти и газа.** Преимущества нефти и газа перед другими источниками энергии заключаются в относительно высокой теплоте сгорания. Если массу нефти принять за единицу, то для получения эквивалентного количества тепла масса антрацита должна составить 1,4; бурого угля - 5,0; дров - 4,4. Аналогичным достоинством обладает газ. Необходимо отметить простоту использования жидких и газообразных углеводородов с технологической точки зрения, транспортировки нефти и газа по трубопроводам, работающим в любое время года и суток.

Очищенные нефтяные продукты постоянно расходуются на удовлетворение более 60% мировых энергетических потребностей. Из нефти производят не только топливо (бензин, керосин, дизтопливо), но также масла и смазки, столь необходимые любому механизму. Сегодня более 90% добытой нефти и газа сжигаются в промышленных топках и двигателях машин. Между тем они являются ценным сырьем для переработки. Существует большое разнообразие технологических процессов при химической переработке углеводородов. Крылатыми стали слова Д.И. Менделеева о том, что сжигать нефть - это все равно, что растапливать печь ассигнациями. Продуктами нефтехимии являются:

- синтетический каучук - высокополимерный продукт, обладающий высокоэластичными, водонепроницаемыми и электроизоляционными свойствами;

- пластмассы - соединения этилена с хлором. Известно большое количество разновидностей пластмасс, начиная от винипласта и заканчивая полиэтиленом. Все пластмассы обладают специфическими свойствами и используются в различных отраслях промышленности вплоть до хирургии;

- синтетические волокна (капрон, лавсан, нитрон и др.) - продукт сложной химической переработки фенола, бензола или

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

бензиновых фракций. Обладают высокой прочностью, устойчивостью к истиранию;

- синтетические моющие вещества - продукт окисления нефтяного парафина с получением жирных кислот. Обладают высокой моющей способностью в воде различной жесткости, включая и морскую, и др.

Нефть и газ играют в жизни человека важную роль. В обозримом будущем нефть и газ останутся основными энергоносителями, но будет происходить перераспределение ролей между моторным топливом и нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии.

В настоящее время активно идет поиск замены моторного топлива из нефти. Биотопливо - это топливо из биологического сырья, результат переработки стеблей сахарного тростника, семян хлопка, репса, кукурузы, сои, батата; используют арахисовое и кокосовое масло. Различают жидкое биотопливо (для ДВС, например этанол, метанол, биодизель), твердое (дрова, солома, навоз) и газообразное (биогаз, водород).

Мировое производство биоэтанола в 2005 г. составило 36,3 млрд л, из которых 45% пришлось на Бразилию, 44,7% - на США. Этанол в Бразилии производится преимущественно из сахарного тростника (рис. 1.5), в США - из кукурузы.



фами. В начале XX века В.И. Вернадский отмечал, что деятельность человека становится силой, равной по мощности геологическим процессам на Земле.

До 1970 г. численность населения росла по гиперболическому закону; в настоящее время этот рост приобретает гиперэкспоненциальный характер (рис. 1.6).

Особенность нашего периода - высокая рождаемость и снижение смертности, чему способствуют развитие экономики, прогресс здравоохранения. Эксперты ООН считают, что к 2100 г. население планеты стабилизируется на уровне примерно 11-13 млрд человек. Основная доля прироста населения приходится и будет приходиться на развивающиеся страны.

Население планеты размещено крайне неравномерно. 70% населения живет всего на 7% территории суши. 15% территории суши совершенно не освоено людьми - это области с экстремальными условиями. В 2003 г. население всех частей света составляло 6 521 млн человек, а именно:

- Азия - 3981;
- Европа - 732;
- Африка - 960;
- Северная и Центральная Америка - 442;
- Южная Америка - 378;
- Австралия и Океания - 28.

В табл. 1.1 приведена численность населения крупнейших стран мира (более 80 млн чел.) на июль 2008 г.

Неравномерность размещения населения наблюдается и в пределах отдельной страны. Яркими примерами могут служить Египет (наиболее заселена долина р. Нил), Китай и Австралия (заселена восточная часть страны), Канада (заселен юг страны), Россия (наиболее заселена европейская часть страны).

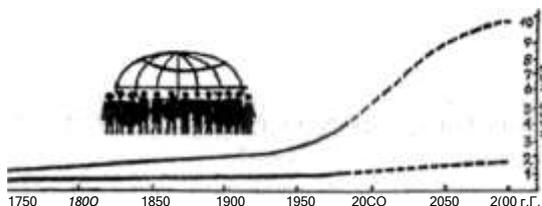


Рис. 1.6. Рост населения Земли:  
верхняя линия - рост численности населения развивающихся стран; нижняя - развитых



**Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ**

**Таблица 1.1**  
**Численность населения по странам, чел.**

№ п/п	Страна	Население	Прирост
1	Китай	1 330 044 544	0,606
2	Индия	1 147 995 904	1,606
3	США	303 824 646	0,894
4	Индонезия	237 512 357	1,213
5	Бразилия	196 342 592	1,008
6	Пакистан	172 800 042	1,828
7	Бангладеш	153 546 896	2,056
8	Нигерия	146 255 312	2,379
9	Россия	141 927 900	-0,055
10	Япония	127 288 419	-0,088
11	Мексика	109 955 400	1,153
12	Филиппины	96 077 287	1,764
13	Вьетнам	86 116 560	1,004
14	Германия	82 369 548	-0,033
15	Египет	81 713 520	1,721

Плотность заселения территории страны также имеет большой разброс. Можно выделить три группы стран по плотности населения:

- страны с очень высокой плотностью населения - более 200 чел./км<sup>2</sup> (Бельгия, Нидерланды, Великобритания, Израиль, Ливан, Бангладеш, республика Корея, Сальвадор);
- страны с плотностью населения, близкой к среднемировому показателю - 40 чел./км<sup>2</sup> (Ирландия, Ирак, Малайзия, Марокко, Тунис, Мексика, Эквадор);
- страны с низкой плотностью населения - менее 2 чел./км<sup>2</sup> (Монголия, Ливия, Австралия, Гренландия).

Россия - одна из слабозаселенных стран мира, средняя плотность населения - 8,5 чел./км<sup>2</sup> (для сравнения, плотность населения Китая - 140 чел./км<sup>2</sup>). Разбросанность заселения некоторых стран колеблется в широких пределах: в Индонезии плотность населения на острове Ява составляет 2000 чел./км<sup>2</sup>, а в районах других островов - до 3 чел./км<sup>2</sup>.

Следует подчеркнуть, что человеческий язык - средство общения (членов общества). По данным экспертов ООН, в мире насчитывается приблизительно 6700 языков; 50% из них находятся под угрозой исчезновения. Через каждые 15 дней перестает применяться один язык. Из 150 языков России за последний век умерли 2 языка, сейчас на очереди - десятки.

Рост населения в значительной мере определяет будущее пла-

### Экология нефтегазового производства

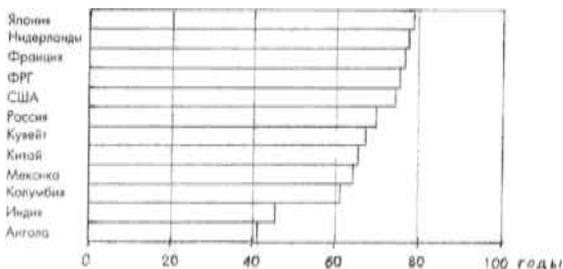


Рис. 1.7. Средняя продолжительность жизни людей

неты: растет население - растут потребности, иссякают природные ресурсы, повышается нагрузка на биосферу. Процессы, сопровождающие рост населения, практически неизбежно охватывают все сферы жизни. Среди них такие, как рост потребления, рост городов, загрязнение среды, изменение структуры населения, увеличение скученности, развитие массовой культуры и т.д. Так, например, расход энергии на одного человека (в ккал/сут.) в каменном веке составлял около 4 тыс., в аграрном обществе - 12 тыс., в индустриальную эпоху - 70 тыс., а в конце XX в. в передовых развитых странах - 230-250 тыс., т.е. в 58-62 раза больше, чем у наших далеких предков. Ежедневно всем людям Земли требуется около 2 млн т пищи, 10 млн м<sup>3</sup> питьевой воды, 2 млрд м<sup>3</sup> кислорода дыхания.

На здоровье людей влияет множество экологических факторов: воздействие болезнетворных микроорганизмов, загрязнение воды, воздуха и почвы, питание, погода, другие условия окружающего мира. Появились новые болезни. Есть факты, говорящие о том, что некоторые ядовитые выбросы в воздух и водоемы влияют на наследственность. Растет число новорожденных с генетическими отклонениями от нормы. Очень велика детская смертность. По мнению многих ученых, уровень цивилизованности страны сегодня определяется не развитием техники, а продолжительностью жизни населения (рис. 1.7).

За последние 20 лет армия толстяков на планете утроилась. Диетологи отмечают, что главным фактором ожирения является неправильное питание, прием высококалорийной пищи (мясо, мучное, жирное, сладкое). Ученые уточняют, что бурный рост ожирения характерен для государств, в которых резко меняется социальный уклад и снижается уровень образованности населения (рис. 1.8).



Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Еще одна особенность народонаселения состоит в том, что ограниченное число людей владеет большей частью мирового богатства. В настоящее время миллиардеров в России немного, значительно меньше, чем в США или Европе. По свидетельству специалистов, российских "абрамовичей" насчитывается всего 2-3%.

33

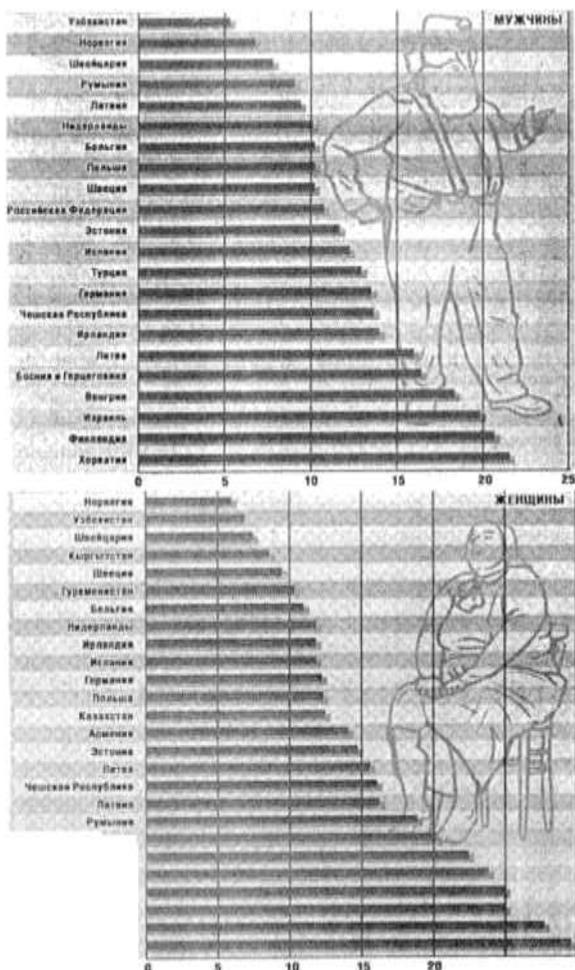


Рис. 1.8. Распространенность ожирения среди взрослого населения некоторых стран Европы и Азии, %



## 1.7. УРБАНИЗАЦИЯ

Урбанизация - исторический процесс повышения роли городов в жизни общества. Процесс преобразования естественных ландшафтов в искусственные, развивающийся под влиянием городской застройки, называется урбанизацией территории. Процесс урбанизации протекает за счет:

- естественного прироста городского населения;
- преобразования сельских населенных пунктов в городские;
- формирования широких пригородных зон;
- миграции из сельской местности в городскую.

Существует понятие субурбанизации, когда растущее благосостояние позволяет людям строить дома сельского типа (коттеджи) в пригородах, что позволяет им избегать таких "пре-лестей" больших городов, как шум, загрязнение воздуха, недостаток зелени и т.д. Население пригородов не становится сельским, а продолжает работать в городе. Субурбанизации способствует массовая автомобилизация. В России этот процесс приобрел отличительную особенность: многие жители большую часть времени проводят на загородных дачах.

К понятию субурбанизации близко понятие рурбанизации - распространения городских форм и условий жизни на сельское население. В России с начала XXI века это явление наблюдается главным образом в Московской области.

Наиболее высокий процент городского населения имеют развитые страны: Великобритания - 91, Швеция - 87, Дания - 84, Франция - 78, Испания - 74, Япония - 78, Австралия и Океания - 89, ЮАР - 50. В России за 1913-2002 гг. доля городского населения выросла более чем в 3,7 раз, при этом урбанизированность населения существенно колеблется по регионам.

Физические условия в больших городах хуже, чем в малых. Объясняется это большей скученностью людей и концентрацией промышленных предприятий, вызывающей соответствующие загрязнения. В России выделено 55 городов, где уровень загрязнения очень высок. Ежегодно в РФ улавливается и обезвреживается лишь 76% от общего количества отходящих вредных веществ.

В Англии и США большие города по сравнению с малыми получают на 15% меньше солнечных лучей, на 10% больше града, снега, дождя; на 30% больше тумана летом и на 100% - зимой. Крупные города (более 1 млн жителей) имеют больше



тяжелых заболеваний; онкологические заболевания случаются в 2 раза чаще, чем в сельской местности.

Урбанизация имеет ряд негативных последствий: опасности инфекционных заболеваний, ультразвуковое излучение, шум, загрязнение воздуха, транспортные проблемы, уплотнение застройки, рост преступности, наркомании, проституции и др.

Основное влияние на окружающую среду оказывают сверхкрупные города - мегаполисы. Мегаполис - это очень крупный по площади и численности город. Различают:

- малый мегаполис - от 1 до 5 млн жителей;
- средний мегаполис - от 5 до 10 млн жителей;
- крупный мегаполис - более 10 млн жителей.

По данным ООН, в 1985 г. было 16 городов с населением более 10 млн человек: Токио (25,2), Нью-Йорк (18,8), Мехико (17,9), Сан-Паулу (16,8), Шанхай (14,3), Лос-Анджелес (13,7), Калькутта (12,1), Бомбей (12,1), Пекин (12), Осака (11,8), Буэнос-Айрес (11,7), Рио-де-Жанейро (11,4), Лондон (11,1), Париж (10,9), Сеул (10,3), Каир (10,0).

В Японии разрабатывается проект расширения территории столицы - Токио. Планируется пирамидальный город на 750 тыс. человек, который будет подвешен над водой (бухтой), что, естественно, изменит образ жизни многих горожан.

На рис. 1.9 изображен мегаполис.

Часто мегаполисы называют «каменными джунглями»: это



Рис. 1.9. Город небоскребов



то место, где действуют свои правила, законы и обычаи. Они, в отличие от законов "тихой провинциальной гавани", жесткие, а порой просто жестокие. Слабые тут не выживают.

В 1990 г. в России было 13 городов-миллионеров и только один мега-город - Москва с населением около 9 млн человек; следующий за ним - Санкт-Петербург (около 5 млн жителей). Население остальных городов не достигло 2 млн жителей: это Нижний Новгород, Новосибирск, Екатеринбург, Самара и др.

### 1.8. ЗАКОНЫ ЭКОЛОГИИ Б. КОММОНЕРА

Барри Коммонер еще в 1974 г. выдвинул ряд положений, которые сегодня называют законами экологии:

1. Все связано со всем, т.е. из экосистемы невозможно изъять любой компонент живой и неживой природы.
2. Все должно куда-то деваться.
3. Природа знает лучше.
4. Ничто не дается даром.

Первый закон "Все связано со всем" отражает существование сложнейшей сети взаимодействия в экосфере. Он предостерегает человека от необдуманного воздействия на отдельные части экосистем, что может привести к непредвиденным последствиям. Например, строительство Волжской ГЭС, с одной стороны, позволило получить дополнительную электроэнергию, а с другой, привело к затоплению плодородных земель, а также города Ставрополя и мест нереста рыб.

Второй закон "Все должно куда-то деваться" вытекает из фундаментального закона сохранения материи. Он позволяет по-новому рассматривать проблему отходов материального производства. Огромные количества веществ извлечены из Земли, преобразованы в новые соединения и рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что "все куда-то девается". И как результат - большие количества веществ зачастую накапливаются там, где по природе их не должно быть. Например, добыча нефти и получение из нее моторных топлив способствуют развитию разнообразных видов транспорта. Вместе с тем, сжигая топливо, мы получаем вредные выхлопные газы.

Третий закон "Природа знает лучше" исходит из того, что "структуры организмов нынешних живых существ или организмов современной природной экосистемы - наилучшие в том смысле, что они были тщательно отобраны из неудачных вариантов и что любой новый вариант, скорее всего, будет хуже существующего ныне".

Известный постулат ученого древности Эпикура гласит: "Нельзя насилловать Природу, ей следует повиноваться". Этот закон призывает к тщательному изучению естественных био- и экосистем, сознательному отношению к преобразующей деятельности. Например, клонирование овечки Долли и других живых организмов, очевидно, есть не что иное, как отступление от естественной природы.

Четвертый закон "Ничто не дается даром" объединяет предшествующие три закона, потому что биосфера как "глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которой не может быть выиграно или потеряно и которая не может являться объектом всеобщего улучшения; все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать: он может быть только отсрочен" (Коммонер Б. Замыкающий круг. - Л., 1974. - С. 32).

### **1.9. СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ**

Стихийное бедствие - это природная аномалия. Планета Земля живет и постоянно изменяется; происходят природные катастрофы. Известны эволюционные катастрофы, происшедшие на нашей планете. Например, 650 млн лет назад эволюционно-экологический кризис привел к "внезапному" исчезновению многих видов одноклеточных водорослей. На рубеже 450 млн лет назад вымерло большинство панцирных обитателей океана, 230 млн лет назад исчезли многие виды гигантских амфибий и, по эволюционным меркам, сравнительно быстро - 65 млн лет назад - вымерли гигантские рептилии и многие виды других организмов.

Явления природы создают катастрофические ситуации и, как правило, сопровождаются огромными людскими и материальными потерями. Среди наиболее распространенных стихийных бедствий выделяют землетрясения, цунами, извержения вулканов, оползни, наводнения, штормы, ураганы, циклоны, тайфуны, торнадо, засухи и др.

По своему происхождению все стихийные бедствия классифицируются на два типа: эндогенные, т.е. связанные с внутренней энергией Земли, и экзогенные, обусловленные главным образом солнечной энергией и силой тяжести. К первому типу относятся землетрясения, цунами, извержения вулкана

#### Экология нефтегазового производства

нов, ко второму - наводнения, штормы, оползни, засухи и др.

В марте 1989 г. на Земле ощущалась необычно сильная вспышка солнечной активности, которая продолжалась в течение полутора месяцев. В результате этого в Евразии было зарегистрировано по меньшей мере 12 значительных землетрясений силой от 4 до 9 баллов (по 12-балльной шкале), в том числе и в зонах, считавшихся сейсмически стойкими. Затем последовали извержения вулкана на острове Итуруп, сильнейшие сходы лавин, оползни и сели в Аджарии, наводнение в Западной Украине, резкое похолодание в Средней Азии со снегопадами и массовой гибелью скота, небывало сильный градобой в Ставрополе и Восточной Грузии.

В 1996 г. на Земле произошло 600 различных природных катастроф, в том числе 200 ураганов, 170 наводнений, 50 землетрясений. Стихия унесла 11 тыс. человеческих жизней, материальный ущерб от нее составил 60 млрд долл. Крупнейшее землетрясение в России за последние годы было в 1995 г. на Сахалине, когда погибло более 2 тыс. человек.

Ежегодные потери от катастроф природного характера измеряются тысячами человеческих жизней и невозполнимым ущербом природной среде. Человек не может противостоять природным явлениям, ибо это естественное состояние планеты. Но человек может иногда прогнозировать ожидающиеся природные бедствия с помощью созданных им приборов, чутко реагирующих на изменения состояния планеты, и применять соответствующие меры безопасности.

### **1.10. ТЕХНОГЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ**

Техногенная экологическая катастрофа - это авария технического устройства (атомной электростанции, танкера и т.д.), приведшая к весьма неблагоприятным изменениям в окружающей природной среде и, как правило, массовой гибели живых организмов и экономическому ущербу.

Аварии и катастрофы возникают внезапно и имеют локальный характер; в то же время экологические последствия их могут распространяться на весьма значительные расстояния. С 90-х годов XX в. число техногенных аварий в мире и в России стало возрастать. Объясняется это ростом доли используемых пожаро-, взрыво-, химически опасных технологий, которые являются потенциальными источниками крупных производственных аварий.

Наиболее опасными по экологическим последствиям являются аварии в угольной, нефте-, газодобывающей отраслях промышленности, металлургии, химической, нефтехимической и микробиологической промышленности и на транспорте.

Очень опасны и тяжелы по своим экологическим последствиям крупные аварии и катастрофы на химических объектах.

Трагическая экологическая катастрофа произошла на химически опасном объекте в г. Бхопале (Индия). Здесь 3 декабря 1984 г. на фабрике по производству пестицидов, принадлежащей американской компании "Юнион Карбайд", произошла утечка из стальных цистерн весьма ядовитой смеси фосгена и метилизоцианата в количестве более 30 т. В результате аварии погибли 3 тыс. человек, около 20 тыс. ослепли и у 200 тыс. человек отмечались серьезные поражения головного мозга, параличи и т.д. У потомства, появившегося на свет после катастрофы, наблюдались множественные случаи уродства. Катастрофа произошла из-за грубого нарушения техники безопасности; ее усугубила необученность персонала действиям в аварийных ситуациях.

Примером экологических катастроф, связанных с морскими транспортными средствами, является разлив более 16 тыс. т мазута с танкера "Глобе Асими", произошедший в порту Клайпеда 21 ноября 1971 г. Разлив мазута отрицательно отразился на экосистеме залива Балтийского моря. Резко уменьшилась численность фитопланктона и его видовое разнообразие, было нарушено естественное воспроизводство, загрязнены миграционные пути и т.д.

В нашей стране, несмотря на существенное снижение объемов и темпов производства в последние годы, наметилась устойчивая тенденция роста числа техногенных аварий и катастроф. Так, только в 1993 г. на территории России произошли 134 аварии и катастрофы с экологическими последствиями, в которых погибли 1050 человек (Государственный доклад..., 1994 г.). В основном это аварии на воздушном и железнодорожном транспорте (при столкновении составов с опасными грузами), а также аварии и катастрофы, связанные с выбросами ядовитых газов - аммиака и пропана, со взрывами метана на угольных шахтах, взрывами нефте- и газопроводов. Так, в ночь с 8 на 9 октября 1993 г. на 184-м км нефтепровода "Лисичанск - Тихорецк" произошел разрыв 72-сантиметровой трубы, из которой в р. Б. Крепкая вылилось 408 т сырой нефти. В ходе возникшего пожара большая часть нефти

сгорела, другая аккумулировалась в подземных и поверхностных водах, почвах и породах, донных отложениях.

Территории, в которых в результате воздействия аварий, катастроф, военных действий или стихийных бедствий происходят отрицательные изменения в окружающей среде, угрожающие здоровью человека, состоянию естественных экологических систем, генетическому фонду растений и животных, объявляют зонами чрезвычайной экологической ситуации.

Самым мощным разрушающим фактором из всех видов воздействия человека на окружающую среду считаются военные действия.

Во время войны в Персидском заливе в феврале 1991 г. было взорвано 1250 нефтяных скважин (600 из них горели), в результате чего ежедневно сгорало около 1 млн т нефти, загрязняя воздух на многие сотни километров от Кувейта. Ракетно-бомбовые удары НАТО по военным и гражданским объектам Югославии в первой половине 1999 г. привели к мощным пожарам и разрушениям, весьма опасному загрязнению воздуха, почвы, вод Дуная токсичными химическими веществами и нефтепродуктами.

Крупные техногенные аварии и катастрофы оказывают пагубное влияние на природную экосистему, вызывают необратимые изменения ОС, нередко сопровождаются значительными людскими и материальными потерями. Трагедии Чернобыля, Арала - это крупные аварии и катастрофы с тяжелыми экологическими последствиями.

Действие человека как экологического фактора в природе огромно и чрезвычайно многообразно. В настоящее время ни один из экологических факторов не оказывает столь существенного влияния, как человек, хотя это наиболее молодой фактор из всех действующих на природу.

К числу особых видов антропогенного воздействия на биосферу относят:

- загрязнение среды опасными отходами;
- шумовое воздействие;
- биологическое загрязнение;
- воздействие электрических, магнитных и электромагнитных полей и излучений и некоторые другие виды негативного физического воздействия.

Очень опасен современный кризис глобального загрязнения, которому, по мнению ученых, соответствует высший этап научно-технической революции. Человек выступает при эко-

логическом кризисе активно действующей стороной. История цивилизации доказывает, что вслед за экологическим кризисом следует революционное изменение во взаимоотношениях общества и природы. Проявление экологического кризиса нередко называют "эффектом бумеранга".

Анализ техногенных аварий и природных катастроф приводит к заключению, что главные источники опасности для человека проистекают из созданной им среды.

### **1.11. АНТРОПОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Человек в результате своей деятельности создал такие техногенные условия, которые особо вредно воздействуют на природу. Источниками антропогенного загрязнения, опасного для любых организмов, являются промышленные предприятия (нефтедобывающие, нефтеперерабатывающие, химические, металлургические, целлюлозно-бумажные, строительных материалов и т.д.), теплоэнергетика, транспорт, сельскохозяйственное производство и другие технологии. Под влиянием урбанизации в наибольшей степени загрязнены территории крупных городов.

К видам негативного воздействия на ОС относятся:

- выбросы в атмосферный воздух загрязняющих и иных веществ;
- сбросы загрязняющих и иных веществ, а также микроорганизмов в поверхностные воды, подземные водные объекты и на водосборные площади;
- загрязнение недр, почв;
- размещение отходов производства и потребления;
- загрязнение ОС шумом, теплом, ионизирующими, электромагнитными и другими видами физических воздействий;
- иные виды негативного воздействия на ОС.

Конечным результатом деятельности производственных предприятий наряду с производством (изготовлением) продукции являются отходы. Сконцентрированные в отвалах, хранилищах, терриконах, несанкционированных свалках, отходы являются источником загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почв и растительности.

Все отходы можно условно подразделить на промышленные (производственные) и бытовые. Промышленные отходы - это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. Они бывают твердыми (отходы металлов, пластмасс, древесины и т.д.), жидкими (производственные сточные воды, отработанные органические растворители и т.д.) и газообразные (выбросы промышленных печей, автотранспорта и т.д.) Опасными жидкими отходами являются промышленные сточные воды из-за их большого объема, а порой и токсичности. Считается, что около 80% сточных вод загрязнены, что свидетельствует о крайней неэффективной работе очистных сооружений предприятий. Особенно опасны залповые выбросы сточных вод.

Бытовые отходы могут находиться как в твердом, так и жидком и реже - газообразном состояниях. Твердые бытовые отходы - совокупность твердых веществ (пластмасса, бумага, стекло, кожа и др.) и пищевых отходов, образующихся в бытовых условиях. Жидкие бытовые отходы представлены в основном сточными водами хозяйственно-бытового назначения, газообразные бытовые отходы - выбросами различных газов.

Количество загрязняющих веществ в мире огромно, и число их по мере развития новых технологических процессов постоянно растет. В этом отношении "приоритет" как в локальном, так и в глобальном масштабе ученые отдают следующим загрязняющим веществам:

- диоксиду серы - за счет образования и попадания серной кислоты и сульфатов на растительность, почву и в водоемы;
- тяжелым металлам - в первую очередь свинцу, кадмию и особенно ртути;
- некоторым канцерогенным веществам, в частности бензапирену;
- нефти и нефтепродуктам в морях и океанах;
- хлорорганическим пестицидам (в сельских районах);
- оксиду углерода и оксидам азота (в городах).

Без всякого преувеличения можно отметить, что воздействие человека на биосферу в целом и на отдельные ее компоненты (атмосферу, гидросферу, литосферу) достигло к настоящему времени беспрецедентных размеров. Современное состояние планеты Земля оценивается как глобальный экологический кризис.

Химическая, нефтехимическая и целлюлозно-бумажная промышленность. Эти отрасли относятся к одним из основных загрязнителей воздушного бассейна (углекислый газ, окись углерода, сернистый газ, углеводороды, соединения азота, хлора, мышьяка, ртути и т.д.), воды и почвы (нефть и продукты нефтехимии, фенолы и другие ядовитые вещества, сульфитные сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности и др.). Например, река Белая выше Стерлитамака (Башкортостан) относится к III классу ("грязная"). После сбросов сточных вод Чапаевского завода химических удобрений река Чапаевка (Самарская область) становится практически непригодной для использования из-за высокого загрязнения ее вод пестицидами.

Проблема охраны окружающей среды, связанная с деятельностью химической, нефтехимической и целлюлозно-бумажной промышленности, особенно актуальна в связи с увеличением в химическом производстве доли синтетических продуктов, которые в природной среде не разлагаются или разлагаются очень медленно.

Черная и цветная металлургия относится к самым загрязняющим природную среду отраслям. На долю металлургии приходится около 40% общероссийских выбросов вредных веществ, из них по газообразным веществам - около 34%, по твердым - около 26%.

Основным видом энергии в России и многих других странах мира является в настоящее время тепловая энергия, получаемая от сгорания угля, нефти, газа, торфа, горючих сланцев. При сжигании твердого топлива на ТЭС образуется большое количество золы, диоксида серы, канцерогенов. Они загрязняют ОС и оказывают влияние на все компоненты природы.

Для оценки загрязнения используются показатели ПДК и ОБУВ. В России разработано более 600 ПДК и 1300 ОБУВ. ПДК - это максимальная концентрация вредного вещества, которая за определенное время не влияет на здоровье человека и его потомство, а также на компоненты экосистемы и природное сообщество в целом. Разработаны ПДК для воздуха, воды (питьевая вода, вода водоемов, сточные воды), почвы и пищевых продуктов. ПДК устанавливается для среднестатистического человека, однако при ослаблении организма болезнью и другими факторами люди могут чувствовать себя дискомфортно при концентрациях вредных веществ, меньших ПДК. Это, например, относится к заядлым курильщикам. ОБУВ указывает на безопасные уровни воздействия.

Особую опасность загрязнения природной среды представляет ВПК, который в своем арсенале имеет оружие массового поражения.

Ядерное оружие характеризуется большой мощностью и различным поражающим действием, которое определяется воздействиями на ОС ударной волны, светового излучения, проникающей радиации, радиоактивного заражения и электромагнитного импульса (рис. 1.10).

Ударная волна при ядерном взрыве обладает колоссальной разрушительной силой, нанося незащищенным людям и животным тяжелые травмы, вплоть до их гибели. Наблюдается полное повреждение лесного массива, деревья с корнем вырываются, а у людей разрываются внутренние органы, переламываются кости.

Световое излучение вызывает сильнейшие ожоги открытых участков тела, в том числе сетчатки глаза.

Под воздействием проникающей радиации, вызываемой смертоносными гамма-лучами и нейтронами, у людей и животных возникает лучевая болезнь, которая в тяжелых случаях имеет летальный исход.

Химическое оружие предназначено для отравления человека с помощью боевых отравляющих веществ - газов, жидкостей или твердых веществ.

В настоящее время создан принципиально новый класс боевых отравляющих веществ - нервно-паралитического (зарин, зоман, табун, VX, GV и др.), кожно-нарывного (иприт, люизит, азотистые иприты и др.), удушающего (фосген, дифосген и др.) и др. действия. Все они оказывают крайне негативное влияние на природные экосистемы, вызывая массовые поражения



Рис. 1.10. Радиоактивное заражение при ядерном взрыве

ния людей, гибель большей части популяции любых позвоночных животных, растений.

Последняя новинка - "вакуумная" (объемно-детонирующая) бомба, содержащая в себе высококалорийное жидкое топливо, которое при срабатывании боеприпаса переходит в газообразное состояние и заполняет большие объемы и площади, а затем детонирует. Взрыв происходит везде - там, куда проник газ. Эта бомба обладает единственным поражающим фактором - ударной волной. Люди погибают от разрыва тканей, здания рушатся, уничтожается легкая бронетехника.

Опаснейшим фактором деятельности ВПК являются войны, несущие обширные опустошения. Войны - постоянный спутник человека. С 1496 г. до н.э. по 1861 г. люди жили в мире только 227 лет, а воевали 3130 лет. Военные действия обычно охватывают огромные территории государств, в зоне которых происходит непосредственное разрушение всей природной среды обитания.

Трудно представить все последствия ядерной войны. Но одно несомненно: главное последствие ядерной войны - это столь сильное глобальное разрушение природной среды и социально-экономических структур человеческого общества, которое исключает возврат к предвоенному состоянию.

ВПК, обладая большой разрушительной силой, во многом влияет на ОС не только во время войны, но и в мирное время. Значительное загрязнение воздуха и земли происходит в процессе производства, испытания и хранения обычного, химического, биологического и ядерного оружия.

Испытания ядерного оружия имеют губительные последствия для растительного и животного мира. Они влекут за собой опасность радиоактивного облучения, в результате которого возникают тяжелые заболевания (лейкемия, рак щитовидной железы).

В последние годы стало ясно, что даже разоружение, уничтожение оружия, в первую очередь ядерного, химического и биологического, связано с огромным экологическим риском.

## **1.12. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОСФЕРУ**

Велика и многообразна роль воды в природе. Без воды невозможно существование растений, животных и человека. Любые загрязнения воды хозяйственной деятельностью чело

века негативно отражаются на развитии растительного и животного мира.

### 1.12.1. Общая характеристика гидросферы

Человек всегда стремился жить поближе к рекам и озерам, которые служили основными источниками пресной питьевой воды, а ведь без 1-2 литра воды в сутки ему просто не выжить.

Вода не только обеспечивает жизнь, она - сама жизнь. Человек на 60-65% состоит из воды, а его мозг - на 82-85%. При потере 12% воды у человека останавливается сердце, а потеря 6-8% вызывает обморок. Растения также содержат большое количество воды. Например, морковь - 90%, огурцы - более 95%.

Вследствие высокой подвижности воды проникают повсеместно в различные природные образования. Они находятся в виде паров и облаков в земной атмосфере, формируют океаны и моря, существуют в замороженном состоянии в высокогорных районах континентов и в виде мощных ледяных панцирей покрывают полярные участки суши. Атмосферные осадки проникают в толщи осадочных пород, образуя подземные воды.

Гидросфера включает в себя поверхностные воды рек, озер, океанов, морей, подземные воды и водяные пары в атмосфере. Запасы воды в различных частях гидросферы (тыс. км<sup>3</sup>) распределяются следующим образом:

- мировой океан - 1370323,0;
- все подземные воды - 60000,0;
- ледники - 24000,0;
- озера - 280,0;
- почвенная влага - 85,0;
- пары атмосферы - 14,0;
- реки - 1,2.

Итого: 1454703,2.

Гидросфера как водная среда жизни занимает около 71% площади и 1/800 часть объема земного шара. Основное количество воды, 97%, сосредоточено в морях и океанах. Это соленая вода. Пресные воды (содержащие менее 1 г/л солей) составляют около 3% запасов гидросферы. Сосредоточены они в полярных ледяных шапках и ледниках (2%), глубинных под-

земных водах (0,38%), озерах (0,01%), почвенной влаге (0,005%), реках (0,0005%). Но вся беда в том, что из пресных вод лишь около 3% - легкодоступные запасы типа рек, озер и водохранилищ, остальное - ледники, подземные воды. А ведь эта часть воды загрязнена и непригодна к употреблению.

При оценке опасности загрязнения в качестве образца сравнения служат исследования, проводимые в биосферных заповедниках. В крупных городах природная среда далека от идеальной. Так, по содержанию вредных веществ Москву-реку в пределах города считают "очень грязной". На выходе из Москвы содержание в реке нефтепродуктов в 20 раз больше ПДК, железа - в 5 раз, фосфатов - в 6 раз, меди - в 40 раз, аммонийного азота - в 10 раз. Содержание серебра, цинка, висмута, ванадия, никеля, бора, ртути и мышьяка в донных отложениях реки превышает норму в 10-100 раз.

В среднем на одного человека в нашей стране приходится 170 л воды в сутки, в больших городах - более 300 л, а в Москве - свыше 360 л. В Лондоне на каждого жителя приходится только 170 л воды в сутки.

Обычно о воде не задумываются тогда, когда ее достаточно. Монгольская поговорка гласит: "Человек не ценит воду до тех пор, пока не иссякнет источник". Жители пустынь хорошо знают ей цену и стараются бережно и экономно расходовать каждую каплю. Цену воде знают и там, где ее надо добывать из глубоких колодцев, и, наконец, там, где за воду приходится платить большие деньги.

Количество пресной воды, пригодной для человека, с каждым годом становится все меньше и меньше. Уже сейчас ежегодно США платят 2 млрд долл. Канаде за право использовать естественные источники пресной воды, находящиеся на территории этой страны. Жители Дуйсбурга (Германия) платят за воду, привозимую из Франции, по 89 пфеннигов за литр. Предполагают, что лет через десять бутылка питьевой воды будет стоить дороже бутылки вина.

Более 35% населения земного шара живет при большом недостатке пресной воды, сдерживающем развитие промышленности, рост городов, интенсификацию сельскохозяйственного производства.

К основным потребителям пресной воды относятся сельское хозяйство, промышленное производство, включая энергетику, и коммунальное хозяйство.

#### Экология нефтегазового производства

Потребности в чистой пресной воде с каждым годом растут. Достаточно отметить, что на производство 1 т стали расходуется 250 м<sup>3</sup>, меди - 500 м<sup>3</sup>, целлюлозы - 1500 м<sup>3</sup> воды. Крупнейшим водопотребителем является сельское хозяйство. Для получения 1 т пшеницы требуется 1500 м<sup>3</sup> воды, 1 т хлопка - 10000 м<sup>3</sup>. Расход воды на промышленные нужды составляет 40%, сельское хозяйство - 24%, бытовые расходы - 17%.

Для обеспечения промышленных предприятий ежегодно забирается из естественных источников водоснабжения 100 млрд м<sup>3</sup> воды, при этом 90% этого количества возвращается обратно в водоемы в виде промышленных сточных вод с различной степенью загрязнения.

Водоемы превратились в транспортные пути, речные потоки - в источник дешевой электроэнергии; пресная вода - в сырье для получения продукции в самых различных областях народного хозяйства, в охладитель двигателей и компрессоров, в растворитель в химической промышленности.

Мы до сих пор очень слабо представляем себе деятельность воды в глубоких недрах Земли. В последнее время ученые доказали, что именно благодаря сверхвысокому давлению глубинных подземных вод возможно тектоническое смещение гигантских блоков земной коры. Экспериментально доказано, что вода при тектонических перемещениях играет роль смазки и без давления поровой воды такие смещения были бы невозможны.

Воды гидросферы находятся в динамическом состоянии, вследствие чего они постоянно самоочищаются путем обмена. Считается, что для полной смены воды в атмосфере необходимо до 9-10 суток, в реках - 12-20 суток, морях - 2,5-3 тыс. лет, океанах - 30-40 тыс. лет. Эти данные свидетельствуют об особой опасности загрязнения водоемов: загрязнение устойчиво сохраняется длительное время.

Учитывая негативное влияние на гидросферу человеческой деятельности в разных ее проявлениях, необходимо рационально использовать водные объекты, заботиться об экономичном расходовании воды, восстановлении ее количества и улучшении ее качества. Нужно принимать меры к полному прекращению сброса в водные объекты сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, содержать в исправном состоянии очистные сооружения и технические устройства, влияющие на качество вод. Вместе с тем, необходимо подчеркнуть, что дела с очисткой сточных вод обстоят очень плохо. В результате либо отсутствия очистных

сооружений, либо их неудовлетворительной работы, устарелости, маломощности 82% сбрасываемых вод не подвергается очистке. Поэтому качество вод основных рек на территории России оценивается как неудовлетворительное. Волга, Дон, Обь, Енисей, Лена, Кубань, Печора, Амур загрязнены органикой, соединениями азота, тяжелыми металлами, фенолом, нефтепродуктами. Ощущается дефицит подземных вод в крупных городах и промышленных центрах.

### **1.12.2. Загрязнение водных ресурсов**

Под загрязнением водоемов понимают снижение их биосферных функций и экологического значения в результате поступления в них вредных веществ.

С 90-х гг. XX в. антропогенное загрязнение природных вод стало носить глобальный характер и существенно сократило доступные эксплуатационные ресурсы пресной воды на Земле. Всемирная организация здравоохранения еще в 80-х гг. XX в. обнародовала сведения, согласно которым в мире ежедневно умирает 25 тыс. человек в результате употребления загрязненной воды.

Источник, вносящий в поверхностные или подземные воды различные вредные вещества, микроорганизмы или тепло, называется источником загрязнения; вещество, нарушающее нормы качества воды, - загрязняющим.

Основными источниками загрязнения являются промышленные и коммунальные канализационные стоки, смыв с полей части почвы, содержащей различные агрохимикаты, дренажные воды систем орошения, стоки животноводческих ферм, попадание в водоемы с осадками и ливневыми стоками аэрогенных загрязнений. Установлено, что более 400 видов веществ могут вызывать загрязнение вод.

Наибольшее влияние на состояние рек оказывает сельскохозяйственное производство. Применение пестицидов (искусственно созданных веществ для борьбы с вредителями и болезнями растений) во многих случаях буквально уничтожает биоценоз реки, особенно при работах на землях, непосредственно примыкающих к руслу.

Загрязнение рек промышленными и бытовыми стоками по вредности является определяющим. Так, сбросы предприятий электронной и радиопромышленности, использующих хлорорганические растворители, отходы целлюлозно-бумажных комбинатов

#### Экология нефтегазового производства

даже при сравнительно небольшой величине стоков убивают диоксидами все живое в ближайших водоемах.

В природных водоемах обитают рыбы, водоплавающие животные, птицы, развиваются водоросли, инфузории, рачки, насекомые, планктон и донные организмы. Здесь функционирует свой круговорот веществ. При сбросе в водоем загрязнителей биологическое равновесие в нем нарушается.

От недостатка кислорода, пищи и убежищ гибнет рыба, моллюски, ракообразные. Вода в таких водоемах становится непригодной для питья и даже для купания. Раньше ошибочно полагали, что в распоряжении человечества находятся неисчерпаемые запасы пресной воды и что они достаточны для всех нужд. Это было глубоким заблуждением. Человечеству не угрожает недостаток воды. Ему грозит нечто худшее - недостаток чистой воды.

Проблема недостатка чистой пресной воды возникла по следующим основным причинам:

- 1) интенсивное увеличение потребностей в воде в связи с быстрым ростом народонаселения планеты и развитием отраслей деятельности, требующих огромных затрат водных ресурсов;
- 2) потери пресной воды вследствие сокращения водоносности рек и других причин;
- 3) загрязнение водоемов промышленными и бытовыми стоками.

Загрязнение вод проявляется в нарушении прозрачности, окраски, запахов, вкуса, увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода воздуха, присутствии болезнетворных бактерий и других загрязнителей.

Россия обладает одним из самых высоких водных потенциалов в мире. Однако в настоящее время из-за загрязнения или засорения около 70% рек и озер России утратили качество источников питьевого водоснабжения, в результате около половины населения потребляют загрязненную недоброкачественную воду (Государственный доклад "Вода питьевая", 1995 г.).

Нарушено исторически сложившееся равновесие в водной среде Байкала - уникальнейшем озере нашей планеты, кото-

### Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

рое, по мнению ученых, могло бы обеспечивать чистой водой все человечество в течение почти полувека. В акваторию озера ежегодно поступает более 8500 т нефтепродуктов, 750 т нитратов, 13 тыс. т хлоридов и других загрязнителей. В 1990 г. объем хозяйственных стоков составил 200 млн м<sup>3</sup>. Озеро Байкал взято под охрану ЮНЕСКО - Организации Объединенных Наций по образованию, науке и культуре. ЮНЕСКО ведет учет и организацию охраны объектов, отнесенных к всемирному наследию.

Огромны масштабы нефтяного загрязнения природных вод. Миллионы тонн нефти ежегодно загрязняют морские и пресноводные экосистемы при авариях нефтеналивных судов, на нефтепромыслах в прибрежных зонах, при сбросе с судов балластных вод и т.д. Нефтепродукты чрезвычайно токсичны; так, нефтяная пленка, изолирующая воду от воздуха, приводит к гибели живых организмов в воде.

Все больше загрязняются моря промышленными отходами и сточными водами, содержащими значительное количество органических отходов. Нередко реки играют роль продолжения канализации и выносят большую часть стоков в моря. Загрязнение Мирового океана приняло угрожающие размеры.

Озабоченность вызывает загрязнение морей, окружающих Европу: Балтийского, Северного, Средиземного, Черного, где антропогенная нагрузка очень значительна, а сменяемость массы воды происходит сравнительно медленно. В настоящее время в Северном море известны постоянные места "свалки" отходов. Отходы, попавшие в воды морей, частично оседают на дно, частично разрушаются, но при этом они губят большое количество живых организмов. Особенно страдает планктон.

В последние годы возникла опасность загрязнения вод Мирового океана и морей радиоактивными отходами, пестицидами, СПАВ. Дeterгенты (СПАВ) применяются для снижения поверхностного натяжения воды. Они входят в состав синтетических моющих средств (СМС), широко применяются в быту и промышленности. Вместе со сточными водами СПАВ попадают в материковые воды и морскую среду.

#### **1.12.3. Загрязнение поверхностных вод**

Процессы загрязнения поверхностных вод обусловлены различными факторами. К ним в основном относятся:

- сброс в водоемы неочищенных и (или) недостаточно очищенных сточных вод;
  - смыв ядохимикатов с сельскохозяйственных угодий ливневыми осадками;
- газодымовые выбросы промышленных предприятий;
- утечки нефти и нефтепродуктов, аварии нефтепроводного транспорта и морских судов.

Главным источником загрязнения поверхностных водоемов являются сточные воды. В зависимости от происхождения они условно подразделяются на производственные, бытовые и атмосферные (дождевые).

Производственные сточные воды образуются при различных технологических процессах в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве и других сферах деятельности человека.

К бытовым относят сточные воды, поступающие из санитарных узлов, душевых, бань, прачечных, столовых, туалетов и других объектов жилых и общественных зданий, бытовых и вспомогательных помещений промышленных предприятий.

Атмосферные сточные воды образуются при выпадении осадков и таянии снега. Стекая с земной поверхности, они увлекают за собой различные загрязняющие вещества, предметы и загрязняют ими открытые водоемы. Атмосферные воды содержат также основное количество растворенных и взвешенных загрязняющих веществ, попадающих в атмосферу в виде паров и аэрозолей.

Основными «поставщиками» загрязнителей воды являются металлургическая, нефтедобывающая, газовая, химическая, целлюлозно-бумажная, горнодобывающая, текстильная промышленность.

С целью защиты поверхностных вод от загрязнения предусматриваются следующие мероприятия.

1. Развитие безотходных и безводных технологий. Это наиболее действенные способы защиты поверхностных вод от загрязнений.

2. Внедрение систем оборотного водоснабжения. При таких технологиях производства вода многократно используется в техническом и вспомогательном процессах, а также для охлаждения продукции и оборудования. После очистки и охлаждения она снова подается для тех же целей. Применение оборотного водоснабжения позволяет в 10-15 раз уменьшить потребление природной воды.

3. Очистка промышленных, коммунально-бытовых и других хозяйственных сточных вод. Сточные воды наносят наибольший вред водоемам и водостокам, поэтому система очистки промышленных и других предприятий должна быть на высоком экологическом уровне.

Очистка воды проводится для доведения всех параметров, характеризующих ее качество, до нормативных показателей. Ввиду большого многообразия состава сточных вод существуют различные способы их очистки: механический (отстаивание, инерционное разделение, фильтрование), физико-химический, химический, биологический и др. В зависимости от степени вредности и характера загрязнений очистка сточных вод может производиться каким-либо одним способом или комплексом методов (комбинированный способ). В процессе очистки предусматривают обработку осадка (или избыточной биомассы) и обеззараживание сточных вод перед сбросом в водоем. На рис. 1.11 приведена схема очистки сточных вод.

4. Очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для питьевого водоснабжения.

Вода обладает чрезвычайно ценным свойством непрерывного самовозобновления под влиянием солнечной радиации и самоочищения. Агентами самоочищения являются бактерии, грибы и водоросли. Установлено, что в ходе бактериального самоочищения через 24 ч остается не более 50% бактерий, через 96 ч - 0,5%. Однако следует учитывать, что для обеспечения самоочищения загрязненных вод необходимо их многократное разбавление чистой водой.

Существующие способы обеззараживания пока не удов-

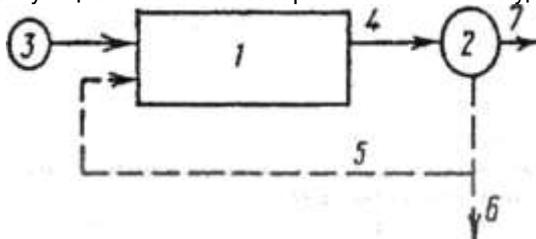


Рис. 1.11. Блок-схема очистных сооружений канализации: 1 - сточная жидкость; 2 - узел механической очистки; 3 - узел биологической очистки; 4 - узел дезинфекции; 5 - узел обработки осадка; 6 - очищенная вода; 7 - обработанный осадок; сплошной линией показано движение жидкости, пунктиром - движение осадка

летворяют людей. Хотя озонирование и обработка ультрафиолетовыми лучами считаются наиболее лучшими способами очистки воды от канцерогенных веществ, их применение ограничено из-за высокой стоимости оборудования водоочистных станций. Метод обеззараживания воды хлором - наиболее распространенный способ, но хлорированная вода несет в себе серьезную опасность для здоровья людей.

5. Закачка сточных вод через специально оборудованные скважины в глубокие изолированные горные горизонты (подземное захоронение). При этом способе отпадает необходимость в дорогостоящей очистке и обезвреживании сточных вод и в сооружении очистных сооружений. К этому способу, хотя и перспективному, необходимо относиться с осторожностью, т.к. пока еще не известны мутагенные превращения сточных вод в глубоких залеганиях горных пластов.

6. В нефтегазодобыче, нефтепереработке, машиностроении, химической промышленности преобладающим видом загрязняющих компонентов являются нефть, газ с высоким содержанием сероводорода, нефтепродукты, СПАВы, фенолы и прочее. Здесь необходимо применение различных систем и устройств по утилизации промышленных отходов и качественной очистке производственных сточных вод.

Поверхностная гидросфера органично связана с атмосферой, подземной гидросферой, литосферой и другими компонентами окружающей природной среды. Учитывая неразрывную связь всех ее экосистем, невозможно обеспечить чистоту поверхностных водоемов и водостоков без защиты от загрязнения атмосферы, почв, подземных вод и др.

#### **1.12.4. Загрязнение подземных вод**

Подземные воды образуют разнообразные водоносные системы.

1. *Верховодка*. Это сезонное скопление вод в верхнем водоносном слое грунта над водоупорными глинистыми или суглинистыми породами. Верховодка образуется на небольших глубинах за счет просачивания в почву атмосферных осадков и вод открытых водоемов. Запасы таких вод незначительны и при прохождении через породы загрязняются (минерализуются). Вода может быть жесткой и мягкой.

2. *Грунтовые воды*. Это подземные воды первого от поверхности земли постоянного водоносного горизонта. Верховодка и

грунтовые воды образуют зону интенсивного, или активного, водообмена.

3. *Межпластовые воды.* Это воды, залегающие значительно глубже между водоупорными слоями. При бурении скважин таких водяных зон может быть несколько. Межпластовые воды отличаются стабильностью запасов и их высоким качеством. Водонасыщенные пласты образуют взаимосвязанные сложные системы, разные по площади и глубине залегания. Обычная глубина пластовых вод - 500-700 м. Эти воды наиболее пригодны для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Встречаются иногда лечебно-столовые воды.

Из источников подземного водоснабжения используется в основном наиболее качественный верхний водоносный горизонт. В то же время на этот горизонт приходится максимальная антропогенная нагрузка, связанная с разнообразной хозяйственной деятельностью. В этом горизонте происходит аккумуляция, транспортировка и трансформация поступающих сверху загрязняющих веществ.

Использование пресных подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения в условиях нарастающего ухудшения качества поверхностных вод имеет ряд преимуществ - устойчивость к воздействию климатических факторов, защищенность от загрязнений, стабильность качества воды, возможность ее получения с меньшими затратами при расположении водозаборов вблизи потребителей. Часто подземные воды являются единственно возможным источником водоснабжения как для населения городов и поселков, так и для сельскохозяйственных целей.

Ежегодно в стране используется около 12 км<sup>3</sup> подземных вод, в том числе на хозяйственно-питьевое водоснабжение - 75%, на производственно-технические цели - 21%, на орошение земель и обводнение пастбищ - 4%. В 1966 г. было выявлено около 1200 очагов загрязненных подземных вод, из которых 75% приходится на наиболее заселенную часть России. Ухудшение качества подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения, отмечено в 60 городах. В целом состояние подземных вод оценивается критическим и имеет опасную тенденцию дальнейшего ухудшения.

В России для хозяйственно-питьевого, производственно-технического водоснабжения и орошения земель разведано 3196 месторождений подземных вод и их участков, эксплуатационные

запасы которых составляют 26,7 км<sup>3</sup>/год. Из этого количества вод около 18,2 км<sup>3</sup>/год подготовлено для промышленного освоения.

Источники загрязнения подземных вод весьма разнообразны. К естественным источникам загрязнения относят сильно минерализованные (соленые и рассолы) подземные воды или морские воды, которые могут внедряться в пресные незагрязненные воды при эксплуатации водозаборных сооружений и откачке воды из скважин. Подземные воды в первую очередь загрязняются в районах крупных промышленных центров. Причины загрязнения подземных вод самые различные. Среди них и промышленные выбросы в атмосферу, которые затем осаждаются на поверхности воды как в виде пыли, так и с атмосферными осадками, и разнообразные бытовые и промышленные свалки, технологические утечки и прочее.

По данным производственных геологических организаций Роскомнедра, выявлено около 760 очагов загрязнения подземных вод, где оно носит устойчивый характер и наблюдается на протяжении ряда лет. В число загрязненных объектов входят 70 питьевых водозаборов, в том числе в Каменск-Шахтинском, Орле, Тамбове, Туле, Уфе и других городах, где отмечено ухудшение качества воды. На 320 объектах загрязнение связано с деятельностью предприятий.

Подземные воды страдают от загрязнений со стороны нефтяных промыслов, предприятий горнодобывающей промышленности, полей фильтрации, шламонакопителей и отвалов металлургических заводов, хранилищ химических отходов и удобрений, свалок, животноводческих комплексов, неканализованных населенных пунктов.

Загрязняющие вещества могут проникать к подземным водам различными путями: при просачивании промышленных и хозяйственно-бытовых стоков, из хранилищ, прудов-накопителей, отстойников и др., по затрубному пространству неисправных скважин, через поглощающие скважины, карстовые воронки и т.д. На рис. 1.12 изображена схема загрязнения подземных вод от различных источников.

Скорость поступления различных загрязнителей в подземные воды зависит как от их физико-химических свойств, так и от степени естественной защищенности подземных вод, т.е. от особенностей геологического строения, литологии, состава и мощности пород. Подземные воды могут загрязняться не только сверху, но и снизу за счет поступления загрязнителей из более глубоких

горизонтов. Закачка в глубокие скважины рассолов, токсикантов или радиоактивных элементов не всегда безопасна.

Важно подчеркнуть, что загрязнения подземных вод не ограничиваются площадью промпредприятий, хранилищ отходов и т.д., а распространяются вниз по течению потока на расстояния до 20-30 км и более от источника загрязнения. Это создает реальную опасность для питьевого водоснабжения в других районах.

Основные мероприятия по защите подземных вод, проводимые в настоящее время, заключаются в предотвращении истощения запасов подземных вод и защите их от загрязнения. Для борьбы с истощением запасов пресных подземных вод, пригодных для целей питьевого водоснабжения, предусматривают различные меры, в том числе: регулирование режима водоотбора подземных вод; более рациональное размещение водозаборов по площади; определение величины эксплуатационных запасов как предела их рационального использования; введение кранового режима эксплуатации само-изливающихся артезианских скважин.

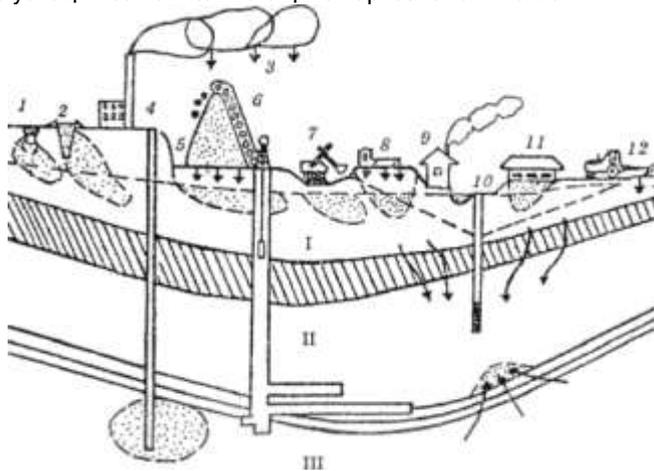


Рис. 1.12. Схема источников загрязнения подземных вод:

I - грунтовые воды; II - напорные пресные воды; III - напорные соленые воды; 1 - трубопроводы; 2 - хвостохранилище; 3 - дымовые и газовые выбросы; 4 - подземные захоронения промстоков; 5 - шахтные воды;

6 - терриконы; 7 - карьерные воды; 8 - заправочные станции; 9 - бытовое загрязнение; 10 - водозабор, подтягивающий соленые воды; 11 - объекты животноводства; 12 - внесение удобрений и пестицидов

Защита подземных вод от загрязнений должна начинаться с проектной документации по обустройству промышленных объектов. В процессе эксплуатации объектов должны быть использованы различные технические решения по защите пресноводных горизонтов от загрязнений.

#### 1.12.5. Виды загрязнений вод

Загрязняющие вещества, поступающие в водоемы и водотоки, разделяются на минеральные, органические, биологические (бактериальные), тепловые, химические, радиоактивные, твердые отходы.

*Минеральное загрязнение* воды развивается при оврагообразовании, при разрушении берегов морей, рек, озер, при водной эрозии поверхности земли. Минеральные загрязнители представлены в сточных водах нефтепродуктами, растворенными минеральными солями, песком, глиной, кислотами, щелочами, шлаком и другими веществами.

*Органические загрязнения* может быть растительного и животного происхождения. К первым относятся остатки растений, плодов, овощей, бумаги и т.п.; ко вторым - физиологические выделения людей и животных, остатки мускульных и жировых тканей, клеящие вещества и др.

*Биологическое загрязнение* возникает под действием бактерий, вирусов и грибов, при зарастании водоемов водорослями, при попадании в водоемы коммунально-бытовых вод, стоков кожевенных предприятий, боен, животноводческих комплексов и т.д. Такое загрязнение нередко становится причиной развития инфекционных заболеваний.

*Тепловое загрязнение* появляется при использовании воды в качестве охладителя. Промышленные предприятия, атомные электростанции нередко сбрасывают в водоемы (водохранилища) подогретую воду, приводящую к повышению температуры. В водоемах с повышением температуры уменьшается количество кислорода, увеличивается токсичность загрязняющих воду примесей, нарушается биологическое равновесие. С повышением температуры в загрязненной воде наблюдается бурное размножение болезнетворных микроорганизмов и вирусов. Тепловое загрязнение усиливает биологическое.

Среди *химических загрязнителей* к наиболее распространенным относят нефть и нефтепродукты, СПАВ, пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др. В больших объемах природные воды

#### Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

загрязняются водным транспортом.

*Радиоактивное загрязнение* вызывается испытаниями термоядерного оружия, радиоактивными отходами предприятий и атомных электростанций, использующих речную воду в качестве охладителя реакторов. Захоронение радиоактивных отходов в океанических впадинах является причиной радиоактивного загрязнения вод океана.

Среди жителей Земли сегодня нет ни одного человека, в организме которого нельзя было бы найти избыточного количества радиоактивного вещества. Уровень радиации организма современного человека не может быть равен уровню радиации человека, жившего до начала второй мировой войны. Уровень радиоактивного загрязнения нашей планеты непрерывно растет.

*Загрязнение твердыми отходами (мусором)* может быть результатом деятельности различных предприятий. Это строительный мусор, твердые отходы промышленности, остатки лесосплава и др., негативно влияющие на качество вод, условия обитания рыб и др.

Простейшие животные и микробы используют многие отходы в пищу и перерабатывают небольшие их количества. Однако стекло, пластмассы, резина и некоторые другие вещества не поддаются разложению.

Неорганические примеси производственных сточных вод содовых, сернокислотных и азотно-туковых заводов, обогатительных фабрик, металлургических заводов, шахт, рудников и некоторых химических предприятий содержат кислоты, щелочи, соли разных металлов, сернистые соединения, а также минеральные взвешенные вещества.

Органические примеси содержатся в сточных водах нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, органического синтеза, синтетического каучука пластмасс, коксохимических заводов, предприятий пищевой и легкой промышленности и других народнохозяйственных объектов. В этих стоках присутствуют нефтепродукты, нафтеновые кислоты, аммиак, альдегиды, чрезвычайно опасные для водоемов фенолы, спирты, синтетические смолы, меркаптаны, сероводород и другие вредные вещества.

Коммунально-бытовые сточные воды в больших количествах поступают из жилых и общественных зданий, прачечных, столовых, больниц и т.д. В сточных водах этого типа преобладают различные органические вещества, а также микроор-

ганизмы, которые могут вызвать бактериальное загрязнение.

Огромное количество таких опасных загрязняющих веществ, как пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор, калий и др., смываются с сельскохозяйственных территорий, включая площади, занимаемые животноводческими комплексами. По большей части они попадают в водоемы и в водотоки без какой-либо очистки, а поэтому имеют высокую степень концентрации органического вещества, биогенных элементов и других загрязнителей.

Значительную опасность представляют газодымовые соединения (аэрозоли, пыль и т.д.), оседающие из атмосферы на поверхность водосборных бассейнов и непосредственно на водные поверхности.

Среди загрязнителей воды наибольшую опасность представляют фенолы, нефть и нефтепродукты, соли тяжелых металлов, радионуклиды, пестициды и другие органические яды, биогенная органика, насыщенная бактериями, минеральные удобрения и т.д.

Наибольшая нагрузка как по водопотреблению, так и по загрязнению приходится на такие крупные речные бассейны, как Волга, Днепр, Дунай и Рейн - в Европе; Урал, Миасс, Исеть, Тобол - на Урале; Ганг, Хуанхэ и Янцзы - в Азии; реки Св. Лаврентия, Колорадо и Миссисипи - в Америке.

#### **1.12.6. Меры борьбы с загрязнением вод**

Основные меры борьбы с поверхностным загрязнением водоемов таковы.

1. Установление водоохранных зон и прибрежных защитных полос (в соответствии с требованиями Водного кодекса РФ №74 ФЗ от 3 июля 2006 г., ст. 65). Водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ. В зонах устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной или иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления водных объектов, сохранения среды обитания животного и растительного мира. Ширина водоохранных зон и прибрежных защитных полос устанавливается от береговой линии, например, рек протяженностью до 10 км - в размере 50 м, до 50 км - 100 м, более 50 км - 200 м, ширина водоохранной зоны морей - 200 м. В границах водоохранных зон запрещается

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

использование сточных вод для удобрения почв, размещение кладбищ, скотомогильников, мест захоронения отходов производства и потребления, радиоактивных, химических, взрывчатых и ядовитых веществ, движение и стоянка транспортных средств, распашка земель, выпас сельскохозяйственных животных, вырубка насаждений и т.п.

2. Отказ от чрезвычайно ядовитых сельскохозяйственных пестицидов, прежде всего хлорсодержащих.

3. Уменьшение сбросов промышленных предприятий за счет снижения водоёмкости производства и применения оборотных (замкнутых, полужамкнутых) систем водоснабжения.

4. Разделение промышленных и хозяйственно-бытовых стоков. Обеспечение их очистки перед сбросами в водоёмы.

5. Снижение опасности загрязнения водоёмов нефтью и нефтепродуктами за счет уменьшения разливов, ограничения распространения нефти на почвах и поверхностях воды с организацией утилизации, применения надежных морских судов и т.д.

Меры борьбы с загрязнением подземных вод подразделяются на профилактические и специальные, задача которых - локализовать или ликвидировать очаг загрязнения.

Ликвидировать очаг загрязнения, т.е. извлечь из подземных вод и горных пород загрязняющие вещества, весьма сложно, на это могут уйти многие годы. Поэтому профилактические меры являются главными в природоохранных мероприятиях. Предотвратить загрязнение подземных вод можно различными путями. Для этого совершенствуют методы очистки сточных вод, чтобы исключить попадание загрязнённых стоков в подземные воды. Внедряют производства с бессточной технологией, тщательно экранируют чаши бассейнов с промышленными стоками, снижают опасные газодымовые выбросы на предприятиях, регламентируют использование пестицидов и удобрений на сельскохозяйственных работах и т.д.

Важнейшей мерой предупреждения загрязнения подземных вод в районах водозаборов является устройство вокруг них зон санитарной охраны.

*Зоны санитарной охраны (ЗСО)* - это территории вокруг водозаборов, создаваемые для исключения возможности загрязнения подземных вод. Состоят они из трех поясов. Первый пояс (зона строгого режима) включает территорию на расстоянии 30- 50 м от водозабора. Здесь запрещается присутствие посторонних лиц и проведение каких-либо работ, не связанных с эксплуатацией водозабора. Второй пояс ЗСО предназначен для защиты

водоносного горизонта от бактериальных (микробных) загрязнений, а третий - от химических загрязнений, которые определяются расчетным путем.

Очень важным в жизни человека является использование воды для питьевых нужд. Поэтому контролируется ПДК некоторых ионов в питьевой воде (табл. 1.2).

### 1.13. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛИТОСФЕРУ

Земля (почва) является основанием растительного и животного мира. Человек давно использует землю для выращивания продуктов питания. Земля также является местом строительства различных объектов для совершенствования цивилизованного развития людей, добычи полезных ископаемых. Вместе с тем деятельность человека приводит к негативному воздействию на литосферу.

#### 1.13.1. Общая характеристика литосферы

Литосфера включает в себя следующие составляющие:

- недра;
- горные породы или их массивы;
- почва.

*Недрами* называют часть земной коры, расположенную ниже почвенного слоя, в пределах которой возможна добыча полезных ископаемых. Сюда же относятся минеральные ресур-

Таблица 1.2

#### Содержание ионов в питьевой воде, г/м<sup>3</sup>

Ионы	ПДК
Катионы алюминия	0,2
Катионы железа	0,2
Катионы меди	0,01
Катионы ртути	0,01
Катионы цинка	0,01
Нитрат-ион	0,5
Сульфат-ион	20
Хлорид-ион	20

сы - торф, сапрпель, подземные воды. Недра служат также для хранения полезных ископаемых (естественного и искусственного), захоронения вредных веществ и отходов производства, сброса

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

сточных вод, размещения специальных сооружений (метро, шахты под ракеты и прочее). Недра являются невозобновляемой частью литосферы.

*Горные породы и их массивы* иногда так же, как и недра, служат источником добычи полезных ископаемых.

*Почва* - рыхлый поверхностный плодородный слой земной коры, созданный под совокупным влиянием внешних условий: тепла, воды, воздуха, воздействия растительных и животных микроорганизмов. Очень сложные химические, физические, физико-химические и биологические процессы протекают в поверхностном слое горных пород на пути их превращения в почву.

Почва является средой пребывания разных насекомых, грызунов, дождевых червей, личинок, грунтовых бактерий - они превращают перегной в минеральные вещества, растворы которых поглощаются корнями растений. Перегной (гумус) образуется из остатков мертвых растений и животных. Толщина гумусового слоя - от 10-15 см в тундровых почвах до 1 м в черноземах степной зоны Украины. Плодородие почвы зависит от наличия в нем органического вещества - перегноя.

В состав почвы входят четыре важных структурных компонента: минеральная основа (обычно 50-60% общего состава почвы), органическое вещество (до 10%), воздух (15-25%) и вода (25-35%). Почва - относительно возобновляемая часть литосферы.

В настоящее время обрабатывается чуть более 10% всей площади суши. Наиболее высокий процент использования суши для сельского хозяйства - в Европе, самый низкий - в России, хотя площадь очень велика. Почти четверть земли страны занята болотами, оврагами, ледниками и покрыта водой, что создает известные трудности (особенно с учетом того, что около 20% земель - тундра).

### 1.13.2. Рациональное использование недр

Недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, земной поверхности, дна водоемов и водосток до глубин, доступных для геологического изучения и освоения. Добыча (извлечение) полезных ископаемых с целью их переработки - главная цель пользования недрами.

В мире добывается огромное количество разнообразных полезных ископаемых. Но полезно используются из всей этой массы лишь около 5%, остальное теряется при добыче и переработке сырья (угля - до 40%, нефти - до 70%, руд - до 25%).

На территории Российской Федерации действует Федеральный закон «О недрах», который является основополагающим законодательным актом, регулирующим отношения в сфере недропользования. Закон рассматривает отношения, возникающие в связи с геологическим изучением, использованием и охраной недр на территории РФ, ее континентального шельфа, а также в связи с использованием отходов горнодобывающего и связанных с ним перерабатывающих производств, торфа, сапропелей и иных минеральных ресурсов, включая подземные воды.

На разработку месторождения выдается государственное разрешение в виде лицензии. Участки недр предоставляются в пользование для геологического изучения на срок до 5 лет, для добычи подземных вод - на срок до 25 лет, для добычи полезных ископаемых - на срок отработки месторождения полезных ископаемых, исчисляемый из технико-экономического обоснования разработки месторождения (проекта), обеспечивающего рациональное использование и охрану недр.

Основными требованиями по рациональному использованию недр являются:

- обеспечение полного и комплексного геологического изучения недр;
- обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов;
- предотвращение загрязнения недр при добыче полезных ископаемых, особенно при подземном хранении нефти, газа; при захоронении вредных веществ и отходов производства;
- соблюдение установленного порядка консервации и ликвидации скважин, шахт и прочего после добычи полезных ископаемых;
- предотвращение накопления промышленных и бытовых отходов на площадях водозабора и в местах залегания подземных вод;
- применение современных машин, оборудования и ма-



териалов для полного извлечения полезных ископаемых.

Разработка недр оказывает вредное воздействие практически на все компоненты окружающей природной среды и ее качество в целом. Любая разработка недр - это рана в теле Земли.

В процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека горные породы, слагающие верхнюю часть земной коры, в той или иной степени претерпевают сжатие, растяжение, сдвиг, водонасыщение, осушение, вибрации и другие воздействия. На всех уровнях залегания полезных ископаемых разработки должны по-хозяйски относиться к недрам.

### **1.13.3. Охрана недр**

Недра подлежат охране от истощения запасов полезных ископаемых и загрязнения. Необходимо также предупреждать вредное воздействие недр на окружающую природную среду при их освоении.

Основными требованиями по охране недр являются:

- соблюдение установленного законодательством порядка предоставления недр в пользование и недопущение самовольного пользования недрами;
- проведение государственной экспертизы и государственный учет запасов полезных ископаемых;
- охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых;
- предупреждение самовольной и необоснованной застройки площадей залегания полезных ископаемых;
- соблюдение правил безопасности и санитарных норм.

Существуют дополнительные пути удовлетворения потребностей человека в минеральных ресурсах:

- эффективное использование вод Мирового океана, его дна и особенно пришельфовых зон. Мировой океан только начинают осваивать: твердых полезных ископаемых добывается со дна лишь 2% (олова - 4%);
- утилизация сырья и возврат его в производство. К сожалению, в нашей стране сбор сырья и его переработка организованы плохо. На территориях населенных пунктов и вокруг них сосредоточены различные отходы, которые можно использовать как вторичное сырье. Например, себестоимость одной



тонны стали, выплавленной из металлолома, почти в 20 раз ниже полученной из руды. Загрязнения атмосферы при этом меньше на 75-80%. В Германии более 40% меди, бумаги идет на вторичную переработку. В Швейцарии черные и цветные металлы наполовину возвращаются на переработку;

- замена металлических деталей пластмассовыми, органического топлива - нетрадиционными источниками энергии (солнечная, ветровая и др.).

#### **1.13.4. Воздействия на почву**

Почва - один из важнейших компонентов окружающей природной среды. Все основные ее экологические функции замыкаются на одном обобщающем показателе - *почвенном плодородии*. Даже частичная потеря гумуса, ведущая к снижению плодородия, не дает почве возможность выполнять в полной мере экологические функции, и она начинает *деградировать*, т.е. ухудшать свои свойства.

Различают следующие основные виды антропогенного воздействия на почвы:

- эрозия (ветровая и водная);
- загрязнения;
- вторичное засоление и заболачивание;
- опустынивание;
- отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.

*Эрозия почв* (от лат. Erosio - разъедание) - разрушение и снос верхних наиболее плодородных горизонтов и подстилающих пород ветром (ветровая эрозия) или потоками воды (водная эрозия). К эрозионным процессам относят также промышленную эрозию (разрушение сельскохозяйственных земель при строительстве и разработке карьеров), военную эрозию (воронки, траншеи), пастбищную эрозию (при интенсивной пастьбе скота), ирригационную (разрушение почв при прокладке каналов и нарушении норм поливов) и др.

Настоящим бичом земледелия у нас в стране и в мире остается водная эрозия (ей подвержены 31% суши) и ветровая эрозия, активно действующая на 34% поверхности суши. Эрозия оказывает существенное негативное влияние на состояние почвенного покрова, а во многих случаях разрушает его полностью.

*Пыльные бури* возникают при очень сильных и продолжительных ветрах, когда скорость ветра достигает 20-30 м/с и более.

В нашей стране пыльные бури неоднократно возникали в Нижнем Поволжье, на Северном Кавказе, в Башкирии и в других районах. Старожилы Северного Кавказа хорошо помнят пыльную бурю, охватившую в марте-апреле 1960 года значительную часть Северного Кавказа, Нижнего Дона и Южную Украину. На огромной территории был снесен слой плодородной почвы толщиной 10 см, повреждены озимые, засыпаны многие оросительные каналы. Вдоль полезащитных лесонасаждений, железнодорожных насыпей образовались земляные валы высотой до 2-3 метров.

Среди различных форм проявления водной эрозии значительный вред окружающей природной среде и в первую очередь почвам приносит *овражная эрозия*. Подсчитано, что ежедневные потери почв из-за оврагов достигают 100-200 га.

Поверхностные слои почв легко загрязняются. Большие концентрации в почве различных химических соединений - токсикантов пагубно влияют на жизнедеятельность почвенных организмов. При этом теряется способность почвы к самоочищению от болезнетворных и других нежелательных микроорганизмов, что чревато тяжелыми последствиями для человека, растительного и животного мира.

Основные загрязнители почвы:

- 1) пестициды (ядохимикаты);
- 2) минеральные удобрения;
- 3) отходы и отбросы производства;
- 4) газодымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- 5) нефть и нефтепродукты.

К интенсивному загрязнению почв приводят *отходы и отбросы производства*. В нашей стране ежегодно образуется свыше миллиарда тонн промышленных отходов, из них более 50 млн тонн особо токсичных. Огромные площади земель заняты свалками, золоотвалами, терриконами, хранилищами и др., которые интенсивно загрязняют почвы. Особо опасные отходы - радиоактивные. Только за один год из Москвы было утилизировано 3 т радиоактивных продуктов, опасных для жизни и здоровья человека.

Растущая лавина отходов, мусора также является мощным источником загрязнения ОС. Традиционный способ урбогенного сбора, хранения в специальных отвалах и сжигания отходов оказывается неприемлемым. Только путем их утилизации можно ликвидировать свалки, под которые отведены огромные территории, и одновременно получить необходимое для промышленности сырье и топливо. Во многих развитых странах

мира в больших объемах и ассортименте получают из отходов дешевый металл, строительные блоки, электроэнергию, фильтры для сточных вод и т.д. В Японии и Южной Корее до 85% мусора и отходов используется повторно, а остальное идет на захоронение. Мусоросортировочные станции осуществляют отдельный сбор и переработку отходов (селективный отбор). Радикальное решение проблемы отходов следует искать в безотходной технологии, когда отходы одного производства могут служить сырьем для другого.

Огромный вред для нормального функционирования почв представляют *газодымовые выбросы* промышленных предприятий. Почва обладает способностью накапливать весьма вредные для здоровья человека загрязняющие вещества, например тяжелые металлы.

Одной из серьезных экологических проблем России становится загрязнение земель *нефтью и нефтепродуктами* в таких нефтедобывающих районах, как Западная Сибирь, Среднее и Нижнее Поволжье и др. Причины загрязнения - аварии на магистральных и внутрипромысловых нефтепроводах, несовершенство технологии нефтедобычи, аварийные и технологические выбросы и т.д. Нефтепродукты ухудшают водный режим и физические свойства почвы, оказывают токсическое действие на рост растений, изменяют почвенный состав.

Одним из глобальных проявлений деградации почв является опустынивание. *Опустынивание* - это процесс необратимого изменения почвы и растительности и снижения биологической продуктивности, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню. Всего в мире подвержено опустыниванию более 1 млрд га практически на всех континентах. Антропогенные причины и основные факторы опустынивания различны: вырубка деревьев, кустарников, перепас скота, интенсивная распашка земель, вторичное засоление и заболачивание, нерациональное водопользование, падение уровня грунтовых вод, выжигание прошлогодней сухой травы. Как правило, к опустыниванию приводит сочетание нескольких факторов, совместное действие которых резко ухудшает экологическую ситуацию.

Вокруг металлургических и крупных химических комбинатов на тысячах гектаров ранее продуктивных земель сформировались техногенные пустыни, в результате чего погибли животные, микроорганизмы, растительность. Единственная в Европе пустыня, сформировавшаяся под влиянием техногенных факторов, находится в Калмыкии. Площадь ее сегодня составляет более 0,5

млн га и ежегодно увеличивается на 50 тыс. га.

При отчуждении земель для нужд несельскохозяйственного пользования - строительства промышленных объектов, городов, поселков, прокладки линейно-протяженных систем (дорог, трубопроводов, линий связи), открытой разработки месторождений полезных ископаемых и т.д. - почвенный покров необратимо нарушается. По данным ООН, в мире только при строительстве городов и дорог ежегодно безвозвратно теряется более 300 тыс. га пахотных земель. Поэтому очень важно проводить рекультивацию (восстановление) земель после прекращения каких-либо процессов (добычи полезных ископаемых, эксплуатации промышленного объекта).

### **1.13.5. Защита земель**

Земли страны по целевому назначению подразделяются на следующие категории (Земельный кодекс РФ от 25 октября 2001 г., №136-РФ):

- земли сельскохозяйственного назначения;
- земли населенных пунктов;
- земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения;
- земли особо охраняемых территорий и объектов;
- земли лесного фонда;
- земли водного фонда;
- земли запаса.

Защита почв от прогрессирующей деградации и необоснованных потерь - наиболее острые экологические проблемы в земледелии, которые еще далеки от своего решения.

В число основных звеньев экологической защиты почв входят:

- защита почв от водной и ветровой эрозии;
- организация севооборотов и систем обработки почв с целью повышения их плодородия;
- мелиоративные мероприятия (борьба с заболачиванием, засолением почв и др.);
- рекультивация нарушенного почвенного покрова;
- защита почв от загрязнения, а полезной флоры и фауны - от уничтожения;
- предотвращение необоснованного изъятия земель из сельскохозяйственного оборота.

Для *борьбы с эрозией почв* необходим комплекс мер: землеустроительных (распределение угодий по степени их устойчивости к эрозионным процессам), агротехнических (почвозащитные севообороты, контурная система выращивания сельскохозяйственных культур, при которой задерживается сток, химические средства борьбы и т.д.), лесомелиоративных (полезащитные и водорегулирующие лесные полосы, лесные насаждения на оврагах, балках и т.д.) и гидротехнических (каскадные пруды и т.д.).

Для *борьбы с заболачиванием почв* в районах достаточного или избыточного увлажнения в результате нарушения природного водного режима применяют различные осушительные мелиорации.

Для *предотвращения загрязнения почв* пестицидами и другими веществами используют экологические методы защиты растений (биологические, агротехнические и др.), повышают природную способность почв к самоочищению, не применяют особо опасные и стойкие инсектицидные препараты и др., в результате чего получают «экологически чистые» продукты.

*Рекультивация* - комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народно-хозяйственной ценности земель, а также на улучшение условий ОС.

Объектами рекультивации являются:

- карьерные выемки, оседания, провальные воронки, терриконы, отвалы и другие карьерно-отвальные комплексы;
- земли, нарушенные при строительных работах;
- территории полигонов отходов производства и потребления после их отработки;
- земли, нарушенные в результате загрязнения их жидкими и газообразными отходами (нефтезагрязненные земли, газогенные пустыни и др.).

Очень сложно рекультивировать нефтезагрязненные земли, так как они имеют обедненную биоту и содержат канцерогенные углеводороды типа бенз(а)пирена. Для этого необходимы рыхление и аэрация почвы, использование бактерий, деградирующих нефть, посев специально подобранных трав и др.

Почва имеет одну специфическую особенность - активно аккумулировать загрязняющие вещества, обладая ограниченной способностью к самоочищению. Накопление токсических веществ в почвах приводит не только к деградации почвенного покрова и образованию «техногенной пустыни», но и к нарастанию экологически опасных последствий, создающих угрозу здоровью человека. Для выявления и предупреждения нежелательных

последствий техногенного влияния на почву необходим контроль ее загрязнения. Контроль состояния почв проводится с целью оценки и регистрации меняющегося уровня химического состояния почв, а также влияния источников загрязнения. В табл. 1.3 приведены ПДК некоторых химических веществ в почве.

Наблюдение за загрязнением почв осуществляется на разных уровнях, имеющих ряд собственных задач и методических подходов. К ним относятся:

- локальный уровень (наблюдение осуществляется непосредственно вокруг источников загрязнения);
- региональный уровень (оценивается загрязнение региона, как правило, за пределами территории с чисто локальным загрязнением);
- глобальный (фоновый) уровень (наблюдения проводятся в заповедниках и на биосферных станциях, удаленных от источников загрязнения).

Таблица 1.3

**Нормы загрязнения почв, мг/кг**

Элемент	ПДК
Кобальт	5
Медь	3
Мышьяк	2
Ртуть	2
Свинец	20
Сурьма	5
Фтор	3
Цинк	20

### **1.14. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРУ**

Атмосферный воздух занимает особое положение среди других компонентов биосферы. Значение его для всего живого на Земле невозможно переоценить. Человек может находиться без пищи пять недель, без воды - пять дней, а без воздуха всего лишь пять минут. При этом воздух должен иметь определенную чистоту, и любое отклонение от нормы опасно для здоровья.

#### **1.14.1. Общая характеристика атмосферы**

*Атмосфера* - газообразная оболочка планеты, состоящая из смеси различных газов, водяных паров и пыли. Через атмосферу осуществляется обмен веществ Земли с космосом. Земля получает космическую пыль и метеоритный материал, теряет

самые легкие газы: водород и гелий. Атмосфера Земли насквозь пронизывается мощной радиацией Солнца, определяющей тепловой режим поверхности планеты.

Атмосфера имеет четко выраженное строение. Нижний, наиболее плотный слой воздуха - *тропосфера*. В зависимости от широты Земли его высота составляет 10-15 км. Здесь содержится 80% массы атмосферы и до 80% водяного пара, развиваются физические процессы, формирующие погоду и влияющие на климат различных районов нашей планеты. Над тропосферой до высоты 40 км расположена *стратосфера*. В ней находится озоновый слой, поглощающий большую часть ультрафиолетовой радиации и охраняющий жизнь на Земле. Выше находится *ионосфера*, которая обладает повышенной ионизацией молекул газа. Этот слой высотой до 1300 км также оберегает все живое от вредного воздействия космической радиации, влияет на отражение и поглощение радиоволн. Далее до 10 000 км простирается *экзосфера*, где плотность воздуха с увеличением высоты убывает, приближаясь к разреженности. Скорость звука здесь практически равна нулю.

Атмосфера имеет ряд характерных особенностей: более высокая интенсивность света в сравнении с другими средами, значительные колебания температуры, изменение влажности в зависимости от географического положения, сезона и времени суток.

Атмосфера обладает способностью к самоочищению. Оно про



## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

исходит при вымывании аэрозолей из атмосферы осадками, турбулентном перемешивании приземного слоя воздуха, отложении загрязненных веществ на поверхности Земли и т.д. Циркуляция воздушных масс происходит постоянно за счет энергии Солнца. Однако в современных условиях возможности природных систем к очищению атмосферы серьезно подорваны. Под массивным натиском антропогенных загрязнений в атмосфере стали проявляться весьма нежелательные экологические последствия, в том числе и глобального характера. По этой причине атмосферный воздух уже не в полной мере выполняет свои защитные, терморегулирующие и жизнеобеспечивающие экологические функции. Нужно учитывать и то, что загрязняющие вещества переносятся воздушными потоками на большие расстояния, создавая тем самым опасность загрязнения территорий других стран.

### **1.14.2. Загрязнения атмосферного воздуха**

Под *загрязнением атмосферного воздуха* следует понимать любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем. Следует различать естественное загрязнение атмосферы (природное), вызываемое природными явлениями (извержение вулканов, бури, ураганы и др.) и антропогенное. *Антропогенное загрязнение воздуха* вызывается производственной деятельностью человека, различными видами транспорта, пылью, образующейся при земляных работах, при разгрузке и хранении сыпучих материалов (известь, мел, цемент и т.д.) без соблюдения надлежащих правил. По своим масштабам оно значительно превосходит природное загрязнение атмосферного воздуха. Из схемы (рис. 1.13) видно, как загрязняющие вещества от промышленных предприятий негативно влияют на окружающую атмосферу.

В зависимости от масштабов распространения выделяют типы загрязнения атмосферы: местное, региональное и глобальное. *Местное загрязнение* характеризуется повышенным содержанием загрязняющих веществ на небольших территориях (город, промышленный район, сельскохозяйственная зона и др.). При *региональном загрязнении* в сферу негативного воздействия вовлекаются значительные пространства. *Глобальное загрязнение* связано с изменением состояния атмосферы на планете.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в нашей стра



не, особенно в городах России, остается высоким несмотря на значительный спад производства, что связывают, прежде всего, с увеличением количества автомобилей, в том числе неисправных.

Максимальные разовые концентрации основных загрязняющих веществ были отмечены в Норильске (оксиды азота и серы), Фрунзе (пыль), Омске (угарный газ). Степень загрязнения воздуха загрязняющими веществами находится в прямой зависимости от промышленного развития города. Наибольшие максимальные концентрации характерны для городов с численностью населения более 500 тыс. жителей.

Вследствие циркуляции воздуха (поднятие теплого воздуха у экватора и замещение его холодными потоками от полюсов) происходит рассеивание вредных веществ в атмосфере турбулентными потоками, действиями осадков и оседание их из-за наличия гравитационных сил.

Общие загрязнения в атмосфере распределяются крайне неравномерно: над промышленными регионами - 86%, над городами - 12,9%, над сельской местностью - 1%, над океаном - 0,1%. Известно, что для проверки чистоты воздуха английские шахтеры в XVI в. брали в забой канарейку, и если она погибала, немедленно покидали выработку. Во многих наших городах и на поверхности земли канарейки сегодня не выживают. Доля РФ в общем загрязнении достаточно велика - 5% от мировых выбросов. На душу населения это составляет около 300 кг в год, или 800 г в день.

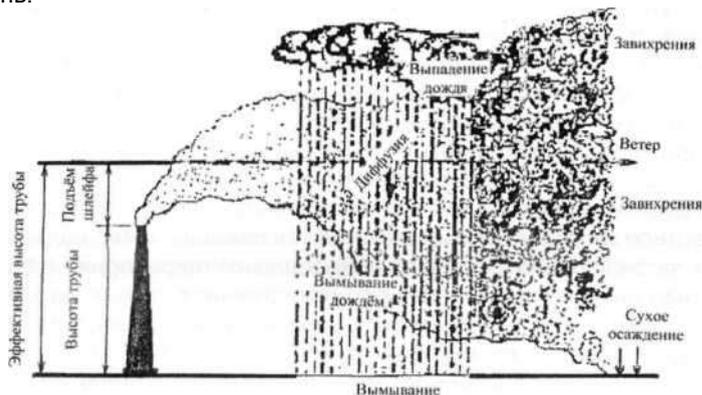


Рис. 1.13. Поведение загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ



Рис. 1.14. Источники загрязнения атмосферы продуктами горения

До сих пор не существует ГОСТа, оговаривающего понятие «чистый воздух». Условимся считать чистым такой воздух, в котором содержание основных компонентов находится в пределах норм, а концентрация вредных примесей не превышает допустимых пределов. Для каждой из такой примесей устанавливается *предельно допустимая концентрация* - ПДК, которая при действии на организм человека в течение заданного промежутка времени не вызывает в нем необратимых (патологических) изменений. Отечественные нормы ПДК едва ли не самые жесткие в мире.

### 1.14.3. Источники загрязнения атмосферы

Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха на территории России вносят тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные, предприятия черной и цветной металлургии, нефтяной и газовой промышленности, автомобильный и воздушный транспорт, производство стройматериалов и др. На рис. 1.14 приведены данные по источникам загрязнения атмосферы.

Охарактеризуем только некоторые источники атмосферного загрязнения.

1. *Тепловые и атомные электростанции. Котельные установки.* В процессе сжигания твердого и жидкого топлива в атмосферу выделяется дым, содержащий продукты полного (диоксид углерода и пары воды) и неполного (оксиды углерода, серы, азота, углеводороды и др.) сгорания. Средней мощности электростанция, работающая на мазуте, выбрасывает еже-

суточно в окружающую среду 500 т серы в виде сернистого ангидрида. На долю теплоэнергетики приходится более 40% общих выбросов пыли, 70% оксидов серы и более 50% оксидов азота.

Среди вредных веществ, содержащихся в воздухе городов, имеется большая группа, обладающая канцерогенной активностью. Это в первую очередь бенз(а)пирен и другие ароматические углеводороды, поступающие от котельных промышленных предприятий и с выхлопными газами автотранспорта.

2. *Металлургия.* В процессе сталеплавильного производства в атмосферу выбрасываются парогазовые смеси, состоящие из фенола, формальдегида, бензола, аммиака и других токсичных веществ. Значительные выбросы отходящих газов и пыли, содержащие токсичные вещества, отмечаются на заводах цветной металлургии при переработке свинцово-цинковых, медных, сульфидных руд, при производстве алюминия и др.

В небольших количествах некоторые тяжелые металлы необходимы для жизнедеятельности человека. Среди них - медь, цинк, марганец, железо, кобальт, молибден и другие. Однако увеличение их содержания выше нормы вызывает токсичный эффект и представляет угрозу для здоровья. Наиболее опасные из них ртуть, свинец, кадмий и мышьяк. Отравление человека ртутью известно как болезнь Минимато. Она впервые была обнаружена у японских рыбаков при потреблении рыбы из загрязненных ртутью водоемов.

3. *Химическое производство.* Выбросы этой отрасли, хотя и невелики по объему (около 2% всех промышленных выбросов), ввиду своей весьма высокой токсичности, значительного разнообразия и концентрированности представляют значительную угрозу для человека. На разнообразных химических производствах атмосферный воздух загрязняют оксиды серы, соединения фтора, аммиака, нитрозные газы (смесь оксидов азота), хлористые соединения, сероводород, неорганическая пыль и т.п.

4. *Автотранспорт.* Он является одним из основных источников загрязнения ОС. В мире насчитывается более 500 млн автомобилей. По подсчетам специалистов, машины «размножаются» в 7 раз быстрее людей. Именно им принадлежит половинная доля участия в отравлении Америки. В США каждый год от заболеваний, вызванных загрязнением воздуха, умирает 15 тыс. человек. Автотранспорт сжигает огромное количество нефтепродук-

тов, существенно загрязняя атмосферный воздух, прежде всего в крупных городах. На долю автотранспорта в Москве приходится 88% всех выбросов, в Санкт-Петербурге - 71%.

Автомобиль - это химический завод на колесах, который выбрасывает около 200-400 ингредиентов, обладающих токсическим действием. Выхлопные газы ДВС (особенно карбюраторных) содержат огромное количество токсичных соединений - бенз(а)пирена, альдегидов, оксидов азота, углерода, серы, сажи, аэрозоля, соединений свинца и др. На оживленной автомагистрали города количество угарного газа СО и окиси азота NO<sub>2</sub> в воздухе превышает ПДК в десятки раз. Автотранспорт современного столичного города (например Парижа) за один день выбрасывает в воздух более 50 млн м<sup>3</sup> окиси углерода и более 200 млн м<sup>3</sup> других продуктов неполного сгорания.

Одной из мер по снижению негативного воздействия автотранспорта является использование природного газа в качестве моторного топлива. Кроме сжиженного или сжатого газа многие специалисты предрекают большое будущее жидкому водороду как практически идеальному, с экологической точки зрения, моторному топливу. Предпочтение отдается также спирту в качестве моторного топлива. Перспективными являются электромобили, машины с инерционным двигателем.

Большая роль в загрязнении атмосферы принадлежит реактивным самолетам. Чтобы пересечь Атлантический океан, современный реактивный лайнер поглощает 35 т кислорода и оставляет инверсионные следы, увеличивающие облачность.

5. *Сжигание промышленного и городского мусора.* Диоксиносодержащие вещества образуются не только при сжигании отходов, но и являются побочными продуктами химической, целлюлозно-бумажной и электротехнической промышленности. *Диоксины* - синтетические вещества - самые токсичные из полученных человеком веществ. Они обладают мутагенным, канцерогенным действием, подавляют иммунную систему («диоксиновый СПИД») и в случае получения человеком через продукты питания или в виде аэрозолей достаточно высоких доз вызывают «синдром изнурения» - постепенное истощение и смерть без явно выраженных патологических симптомов.

6. Серьезные загрязнения воздуха вызывают *асфальтобетонные заводы*, особенно нестационарные. Здесь при работе с заполнителями образуется много пыли, дымит сжигаемое топливо и горячий битум.

Опасные загрязнители образуются при производстве цемента и стекла. Систематическое вдыхание цементной кварцевой пыли приводит к силикозу легких.

Пыль, выделяющаяся при добыче асбеста, изготовлении и обработке асбоцементных изделий, способствует развитию раковых заболеваний.

Интенсивное загрязнение атмосферного воздуха отмечается при добыче и переработке минерального сырья, на неф- те- и газоперерабатывающих заводах.

*7. В сельских районах очагами загрязнения атмосферного воздуха являются животноводческие и птицеводческие фермы, промышленные комплексы по производству мяса и т.д.*

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются следующим образом:

1) газообразные (диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды и др.);

2) жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей и др.);

3) твердые (канцерогенные вещества, свинец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и прочие).

Современное промышленное производство загрязняет атмосферу не только газообразными и твердыми примесями, но и тепловыми выбросами, электромагнитными полями, радиационными, ультрафиолетовыми, инфракрасными, световыми излучениями, шумом и другими физическими факторами. В Англии, например, один из четырех мужчин и одна из трех женщин больны неврозами из-за высокого уровня шума.

#### **1.14.4. Глобальные экологические последствия загрязнения атмосферы**

Бурная деятельность человечества в производстве привела к крупнейшим экологическим проблемам современности. Благодаря интенсивному загрязнению биосферы появились новые антропогенные явления, которым мы дали соответствующие названия, и к этим названиям мы привыкли и воспринимаем их как нечто сопутствующее нашей жизни. Каких-либо шагов по ликвидации этих коварных явлений человечество не предпринимает.

К важнейшим экологическим последствиям глобального антропогенного загрязнения атмосферы относятся:

- потепление климата («парниковый эффект»);
- нарушение озонового слоя;

- выпадение кислотных осадков;
- смог.

Мысли о глобальном потеплении возникли у ученых еще сто лет назад. За это время температура на планете повысилась в среднем на 0,6 градусов. Казалось бы, немного. Но этого достаточно, чтобы привести к неожиданным изменениям в природе.

*Потепление климата* большинство ученых связывают с накоплениями в атмосфере так называемых «парниковых газов» - диоксида углерода ( $CO_2$ ), метана ( $CH_4$ ), хлорфторуглеродов (фреонов), озона ( $O_3$ ), оксидов азота и др. Атмосфера, насыщенная парниковыми газами, действует как крыша теплицы. Она, с одной стороны, пропускает большую часть солнечного излучения, с другой - препятствует нормальной теплоотдаче Земли в космическое пространство, так как плохо пропускает инфракрасное излучение, испускаемое поверхностью Земли, а именно оно и способствует потеплению климата. На рис. 1.15 изображена схема возникновения «парникового эффекта».

Сказать, какое стихийное бедствие произойдет в результате изменения климата, пока никто не может. Хотя мы сейчас наблюдаем в ряде районов планеты потопа, сильную жару, град с куриное яйцо и т.д. Если не принять мер, то накопление  $CO_2$  приведет к нагреву атмосферы, таянию льдов, повышению влажности, изоляции от Солнца, похолоданию и т.д. В конце этой цепочки не исключен потоп с последующим ледниковым периодом. Этот механизм часто называют гипотезой «парникового эффекта».

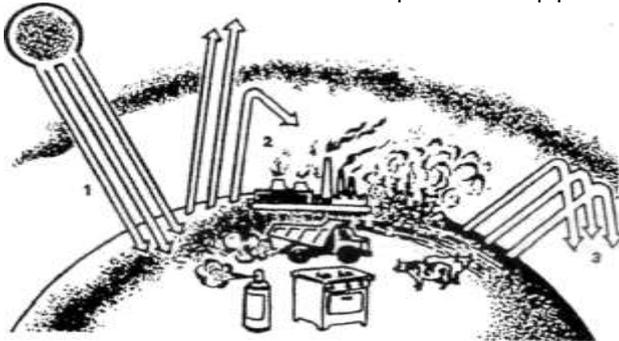


Рис. 1.15. «Парниковый эффект»:

1 - нагревание земной поверхности; 2-3 - отражение теплового излучения Земли вследствие загрязнения атмосферы

По оптимистическому сценарию температура повысится в ближайшее столетие на 1,5-2 градуса, по пессимистическому -

почти на шесть. Если окажется, что правы пессимисты, приведет ли это к общепланетарной катастрофе? Нет, наверное. Это приведет к локальным катаклизмам.

Мировое потепление вызовет таяние льдов, повышение уровня мирового океана, затопление больших площадей, изменение очертаний континентов, сдвиг границ природных зон. Утратят значение все привычные формы ведения хозяйства во многих странах. Уровень Мирового океана повысится на шесть с половиной метров. Для Москвы это не имеет большого значения, а для большинства портовых городов это катастрофа. Они будут затоплены. Карта Европы может сильно измениться, и ряд государств - такие как Бельгия, Нидерланды - могут просто исчезнуть. Или их придется спасать с помощью строительства дамб.

В связи с потеплением климата специалисты-экологи отмечают следующее.

1. Изменение климата привело к серии болезней: диарея у детей, малярия, клещевой энцефалит, некоторые тропические болезни. В зоне риска проживает 1 млрд человек.

2. Выброс углекислого газа характерен для стран с низким доходом.

3. Наиболее уязвимыми с точки зрения климатического воздействия являются территории Арктики, высокогорья, тропические районы.

4. Замечено, что изменение климата влияет на безопасность продуктов. Снижение качества продуктов происходит в бедных странах, где и сейчас голодают. Это страны Африки, Австралии, Бразилии и др. Сообщение из Франции - климатические изменения могут влиять на качество вин Шампани и долины Лозы; из Узбекистана - качество каракулеводства падает из-за нарушения терморегуляции органов овец.

5. Было отмечено, что увеличилась засушливость на Европейской части России за счет увеличения испарения. В связи с этим произошло некоторое изменение водного баланса почв.

6. Наметилось таяние вечной мерзлоты - одно из серьезных последствий изменения климата в России. Катастрофическое наводнение в Якутии связано с изменением климата. Произошли заторные явления на реке Лене и ее притоках.

7. Необходимо развивать энергетику, которая не выделяет углекислый газ (ветровая, солнечная).

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

*Нарушение озонового слоя.* Озоновый слой охватывает весь земной шар и располагается на высотах от 10 до 50 км с максимальной концентрацией озона на высоте 20-25 км. Озон образуется в атмосфере при взаимодействии углеводородов с кислородом воздуха.

В 1985 г. над Антарктидой было обнаружено пространство с пониженным (до 50%) содержанием озона, получившее название «озоновой дыры». С тех пор результаты измерений подтверждают повсеместное уменьшение озонового слоя практически на всей планете. Так, например, в России за последние десять лет концентрация озонового слоя снизилась на 4-6% в зимнее время и на 3% - в летнее.

В настоящее время истощение озонового слоя признано всеми как серьезная угроза глобальной экологической безопасности. Снижение концентрации озона ослабляет способность атмосферы защищать все живое на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения.

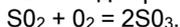
Ведущие специалисты считают, что главной причиной уменьшения озонового слоя являются техногенные источники, особенно хлоридсодержащие хладагенты, используемые в современных промышленных и домашних холодильниках. Эти газы, попадая в атмосферу Земли как во время изготовления, так и при утилизации агрегатов, разрушают озоновый слой.

Предполагается, что к 2030 г. в России при сохранении нынешних темпов истощения озонового слоя заболеют раком кожи дополнительно 6 млн человек. Кроме кожных заболеваний возможно развитие глазных болезней (катаракта и др.), подавление иммунной системы и т.д.

*Кислотные осадки.* Первопричиной образования кислотных осадков (дождь, туман, пыль) являются двуокись серы и окислы азота, попадающие в атмосферу от многочисленных производственных объектов, тепловых станций, транспорта, сжигающих углеводородное топливо. Диоксиды серы и азота на высоте 200 м реагируют с атмосферным кислородом и влагой, в результате химических реакций  $\text{SO}_2$  переходит в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (серную кислоту),  $\text{NO}_x$  - в азотную  $\text{HNO}_3$  или азотистую  $\text{HNO}_2$ , которые затем выпадают на землю в виде осадков не только в окрестностях промышленных предприятий, но и в соседних с ними районах.

Один из сильнейших загрязнителей атмосферы - диоксид серы  $\text{SO}_2$ , составляющий более 95% промышленных выбросов газообразных соединений серы. Растворяясь в атмосфер-

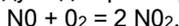
ной влаге, диоксид серы образует гидрат  $\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , представляющий собой кислоту средней силы. Часть диоксида серы в воздухе окисляется до триоксида серы  $\text{SO}_3$ :



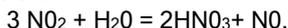
Протеканию этой реакции способствует действие ультрафиолетового излучения Солнца. Триоксид серы при взаимодействии с водой дает сильную серную кислоту.

На рис. 1.16 показаны пути образования кислотных осадков в районе Астраханского газоперерабатывающего завода (АГПЗ) при переработке продуктов газоконденсатного месторождения.

Над дымовыми трубами некоторых химических предприятий можно увидеть рыжий «лисий хвост», появляющийся в результате выбросов оксидов азота  $\text{NO}$ , который окисляется кислородом воздуха до ярко окрашенного диоксида азота  $\text{NO}_2$ :



Диоксид азота реагирует с водой с образованием сильной кислоты



На рис. 1.17 изображена схема образования кислотных осадков.

Загрязнение воздуха с образованием кислотных осадков не знает национальных границ. От кислотных дождей, химические источники которых находятся в Италии, ФРГ, Великоб-

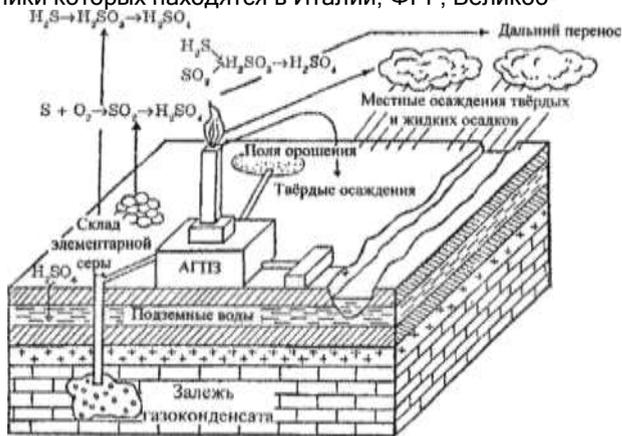


Рис. 1.16. Пути распространения выбросов соединений серы в районе АГПЗ

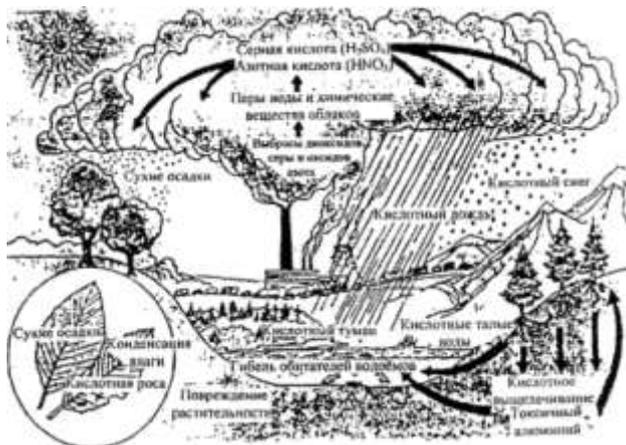


Рис. 1.17. Кислотные осадки

ритании и США, особенно страдают Швеция, Норвегия и Прибалтика. Немало кислотных дождей выпадает и над Канадой, за тысячи километров от их химических источников в США.

Попадая в озера, кислотные осадки нередко вызывают гибель рыб или всего животного населения. Они могут вызывать повреждение листвы, часто - гибель растений, ускорять коррозию металлов и разрушение зданий, памятников старины. В бедственном положении находится афинский Акрополь: загрязнение атмосферы постепенно разрушает поверхность мрамора.

В нашей стране площадь значительного закисления от выпадения кислотных осадков достигает нескольких десятков миллионов гектаров. Кислотные дожди (рН = 4,7-5,5) выпадают в Прибалтике, Белоруссии, Карелии, Подмосковье, Прикаспии и других районах, фрагментарно - на побережье Таймыра и Якутии.

**Смог.** Особую опасность для жизни людей представляют смертоносные туманы больших городов - смог. Термин «смог» - производное от английских слов «смок» (дым) и «фог» (туман). В атмосферном воздухе в первую очередь промышленных центров и городов в результате сложных химических реакций смеси газов (главным образом окислов азота и углеводородов, содержащихся в выхлопных газах автомобилей), протекающих в нижних слоях под действием солнечного света, образуется ядовитая смесь дыма, тумана и пыли. При этом образуется озон  $O_3$  - сильнейший окислитель, вызывающий вредное воздействие на организм человека: кашель, головкру- жение, усталость. Озон разъедает

металл, резину. Смог образуется при большом содержании в воздухе газов и пыли (сажи) и застое воздуха над промышленным районом.

На рис. 1.18 изображен смог на Невском проспекте Санкт-Петербурга.

Различают два типа смога: зимний (лондонский тип) и летний (лос-анджелесский тип). Самая большая трагедия произошла в 1952 г. в Лондоне. Проснувшись утром 5 декабря, лондонцы не увидели солнца. Необычайно плотный смог, смесь дыма и тумана, держался над городом 3-4 дня. Этот смог, по официальным данным, унес 4 тысячи жизней, ухудшив состояние здоровья еще многих тысяч людей. Впервые смог, связанный со скоплением выхлопных газов автомобилей, наблюдался в Лос-Анджелесе (США) в годы Второй мировой войны - в течение 60 дней в году. В 1970 г. в Токио смог вызвал отравление 10 тыс. человек, в 1971 г. - 28 тысяч.

Вредные туманы не раз душили людей и других городов Западной Европы, Америки и Японии. В бразильском городе Сан-Паулу уровень загрязнения воздуха в 3 раза превышает максимально допустимые нормы, в Рио-де-Жанейро - в 2 раза. Обычными заболеваниями здесь стали раздражение слизистой оболочки глаза, аллергические заболевания, переходящие в хронический бронхит и астму. Японский город Нагоя получил титул «японской столицы смога».

В некоторых городах США, Японии, Германии регулировщи-



Рис. 1.18. Смог

## Глава I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

ки уличного движения дышат кислородом из специальных баллонов. Пешеходам эта возможность предоставляется за дополнительную плату. В Токио и некоторых других городах Японии на улицах устанавливаются кислородные баллоны для детей, чтобы они по дороге в школу могли глотнуть свежего воздуха. Японские предприниматели открывают специальные бары, где люди поглощают не алкогольные напитки, а свежий воздух.

Осаду смертоносных туманов не выдерживают даже растения. За последние 10 лет зеленая зона Токио сократилась на 12%, сейчас на каждого горожанина приходится не более 1 м<sup>2</sup> зеленых насаждений.

Смог крайне вреден для живых организмов. Во время смога ухудшается самочувствие людей, резко увеличивается число легочных и сердечно-сосудистых заболеваний, возникают эпидемии гриппа. При смоге появляется неприятный запах, резко ухудшается видимость. Подобные явления характерны для десятков городов, где физико-географические условия благоприятны для их возникновения, - Алма-Аты, Новокузнецка, Медногорска, Еревана, Кемерово, Ангарска, Новотроицка, Стерлитамака, Уфы (район Черниковки) и др.

По данным английских ученых, за последние 20 лет количество заболеваний раком легких в этой стране увеличилось на 400%. Частота раковых заболеваний, а также хронических бронхитов, эмфизем и других пропорциональна количеству труб, загрязняющих воздух. В современном Токио ученые насчитали 100 тыс. труб, из которых за 1 год выбрасывается 1,7 млн тонн газообразных и других отходов. Взвешенная в воздухе пыль адсорбирует ядовитые газы, образует плотный токсичный туман.

### 1.14.5. Защита атмосферы

Для защиты воздушного бассейна от негативного антропогенного воздействия в виде загрязнения его вредными веществами используют следующие меры:

- экологизация технологических процессов;
- очистка газовых выбросов от вредных примесей;
- рассеивание газовых выбросов в атмосфере;
- устройство санитарно-защитных зон, принятие архитектурно-планировочных решений и др.

Наиболее радикальная мера охраны воздушного бассейна от загрязнения - *экологизация технологических процессов*. Это создание замкнутых технологических циклов, безотходных и малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу

вредных загрязняющих веществ, внедрение замкнутых воздушных циклов с частичной рециркуляцией воздуха. Промышленные агрегаты, особенно вновь вводимые, должны быть оборудованы пыле- и газоулавливающими средствами.

Для очистки выбросов от *аэрозолей* в настоящее время применяют различные типы устройств в зависимости от степени запыленности воздуха, размеров твердых частиц и требуемого уровня очистки.

*Сухие пылеуловители* (циклоны, пылеосадительные камеры) предназначены для грубой механической очистки выбросов от крупной и тяжелой пыли. Для повышения эффективности работы применяют групповые (батареи) циклоны.

*Мокрые пылеуловители* (скрубберы, турбулентные, газопромыкатели и др.) требуют подачи воды и работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель под действием сил инерции и броуновского движения. Наибольшее практическое применение получили скрубберы Вентури, которые обеспечивают 99% очистки от частиц размером более 2 мкм и, как все мокрые пылеуловители, незаменимы при очистке от пыли взрывоопасных и горячих газов.

*Фильтры* (тканевые, матерчатые, зернистые) способны задерживать мелкодисперсные частицы пыли размером до 0,05 мкм. Особенно эффективны рукавные фильтры с тканями из синтетических волокон повышенной термостойкости (250- 300 °С) типа «Сульфон-Т», фильтровальные металлические ткани (до 800 °С).

*Электрофильтры* - наиболее совершенный способ очистки газов от взвешенных в них частиц пыли размером до 0,01 мкм при высокой эффективности очистки газов (99,0-99,5%). Принцип работы всех типов электрофильтров основан на ионизации пылегазового потока у поверхности коронирующих электродов. Приобретая отрицательный заряд, пылинки движутся к осадительному электроду, имеющему знак, обратный заряду коронирующего электрода. При встряхивании электродов осажденные частички пыли под действием силы тяжести падают вниз в сборник пыли.

Наиболее эффективны *комбинированные методы* очистки от пыли.

Способы очистки выбросов от *токсичных газо- и паробразных примесей* (NO, NO<sub>2</sub> SO<sub>2</sub> и др.) подразделяют на три основных группы:

1) поглощение примесей путем применения каталитического превращения;

2) промывка выбросов растворителями примеси (абсорбционный метод);

3) поглощение газообразных примесей твердыми телами с ультрамикроскопической структурой (адсорбционный метод).

С помощью *каталитического метода* превращают токсичные компоненты промышленных выбросов в вещества безвредные или менее вредные для ОС путем введения в систему дополнительных веществ, называемых катализаторами. Широко применяют палладийсодержащие и ванадиевые катализаторы. С их помощью происходит каталитическое дожигание вредных примесей с помощью газовых горелок (факельное сжигание).

*Абсорбционный метод* основан на поглощении вредных газообразных примесей жидким поглотителем (абсорбентом). В качестве абсорбента используют воду, растворы щелочей (соды), аммиака и др.

*Адсорбционный метод* позволяет извлекать вредные компоненты из промышленных выбросов с помощью адсорбентов - твердых тел с ультрамикроскопической структурой (активированный уголь и глинозем, силикагель, цеолиты, сланцевая зола и другие вещества).

Следует отметить, что нередко наряду с очисткой газовых выбросов некоторые улавливающие компоненты используются в качестве сырья для получения каких-либо продуктов. Так, например, улавливание серы из отходящих газов Магнитогорского металлургического комбината (Челябинская область) обеспечивает санитарную очистку и одновременно дает возможность получить многие тысячи тонн серной кислоты в год по сравнительно низкой цене.

*Рассеивание газовых примесей в атмосфере* используют для снижения опасных концентраций примесей до уровня соответствующего ПДК. Рассеивание пылегазовых выбросов осуществляют с помощью высоких дымовых труб. Чем выше труба, тем больше ее рассеивающий эффект. На ряде предприятий высота дымовых труб достигает 300 м и более.

*Санитарно-защитная зона* - это специальная территория с любым режимом использования, отделяющая источники промышленного загрязнения от населенных пунктов для защиты людей от влияния вредных факторов производства (выбросов пыли и иных видов загрязнения ОС).

Ширину СЗЗ устанавливают в зависимости от класса производства, степени вредности и количества выделенных в атмосферу веществ и принимают равной от 50 до 1000 м. При этом возможно

как увеличение, так и сокращение СЗЗ.

СЗЗ должна быть благоустроена и озеленена газоустойчивыми породами деревьев и кустарников, например, акацией белой, тополем канадским, елью колючей, шелковицей, кленом остролистным, вязом листовитым и т.д.

*Архитектурно-планировочные мероприятия* включают правильное взаимное размещение источников выброса и населенных мест с учетом направления ветров, выбор под застройку промышленного предприятия ровного возвышенного места, хорошо продуваемого ветрами, сооружение автомобильных дорог в обход населенных пунктов и др.

В целом защита атмосферного воздуха от загрязнений должна проводиться в глобальном, региональном и местном масштабе, поскольку воздух не знает никаких границ и находится в вечном движении.

### **1.15. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В САМАРЕ**

Представляет большой интерес рассмотрение общей экологической характеристики города РФ. Самара - город Среднего Поволжья с числом жителей около 1,5 млн человек. Город является центром пересечения автомобильных, железнодорожных и авиационных путей, развитым в промышленном отношении. Объем промышленного производства на душу населения в 1,6 раз превышает среднероссийский показатель. Город насыщен крупными промышленными предприятиями, экологокультурологический потенциал находится в жестких тисках промышленной инфраструктуры с депрессивным воздействием на все объекты ОС. Данные мониторинга позволяют утверждать, что степень антропогенной нагрузки в городе, как и в области, остается высокой (пожалуй, очень высокой).

По официальным данным Самара сегодня - один из наиболее неблагоприятных городов по показателям загрязнения ОС. В Самарской области на каждого жителя приходится 80 кг загрязнителей: 50 от предприятий и автотранспорта, 30 - от нефтепереработки, сжигания попутного газа. На втором месте стоят объекты энергетики.

Основной вклад в загрязнение природных водных объектов (город окружен такими реками, как Волга, Самарка, Кинель, Сок, Кондурча, Падовая) вносят предприятия химической, нефтеперерабатывающей промышленности, машиностроения,

металлообработки, предприятия коммунального хозяйства (НПЗ, ЗАО «Нефтефлот», ОАО «Самарский речной флот», ГРЭС, Безымянская ТЭЦ, МП «Самараводоканал», заводы «Прогресс», «Металлург», «Завод им. Масленникова»).

Наиболее опасными с точки зрения превышения установленных ПДК в сбрасываемых сточных водах являются: фенолы, формальдегид, карбамид, бензол, магний, хром, медь, марганец, никель, азотистые соединения.

Уровень загрязнения подземных вод на территории города довольно высок (Зубчаниновская свалка, завод «Металлург», НПЗ).

Загрязнение воздуха в городе превышает предельно допустимые концентрации более чем в десять раз, а показатель загрязнения воздуха городской черты в Самаре выше, чем в среднем по России, на 43%. Росту загазованности способствует недостаточная оснащенность источников выброса - а это в основном промышленные предприятия - очистными сооружениями. Кроме предприятий, воздух загрязняет автотранспорт, выброс которого составляет почти 70%, а также дороги - основной источник пыли, опасной не только тем, что она забивается в наши легкие, приводя к возникновению специфических заболеваний. Пыль служит переносчиком различных инфекций, в числе которых - туберкулез.

Национальной бедой в стране являются автомобильные дороги, и Самара - не исключение. Отсутствие хороших дорог, автомобильных разветвлений приводит к каждодневным автомобильным пробкам, в которых тысячи автомобилей сжигают топливо на месте, отравляя окружающий воздух; теряется полезное время. В зимнее время на фоне морозного воздуха отчетливо видны продукты сгорания топлива (горячие выхлопные газы), которые создают парообразные облака вокруг машин. Люди ощущают присутствие газов при вдыхании, у них слезятся глаза.



Национальной бедой можно назвать и курение. На ОС сильного влияния никотин не оказывает, но в значительной мере влияет на здоровье курящих и окружающих людей. К сожалению, этому пристрастию подвержены в последние годы девушки и молодые женщины. Курящие женщины в 8 раз чаще оказываются бездетными. Вероятность осложнений при родах у курящих женщин в 2 раза выше, чем у некурящих. У беременных, выкуривающих 5 сигарет в день, вес родившихся детей в среднем на 120 г меньше, а у выкуривающих 10 сигарет - почти на 300 г. Статистика отмечает, что в городе курить начинают с 8 лет и курят более 50% жителей.

Для людей старше 35 лет с курением связана каждая четвертая смерть в мире. Активное курение отнимает до 10 лет жизни, ускоряет наступление инвалидности. Кроме того, вероятность возникновения онкологических, легочных и других заболеваний у курящих гораздо выше.

Состояние источников водоснабжения тоже вызывает тревогу. За последние десять лет качественный состав питьевой воды не претерпел существенного изменения; доля проб воды, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормам, увеличилась.

Самара снабжается водой из Волги, в которую сбрасываются в огромных количествах неочищенные сточные воды вышележащих городов (Тольятти - лидер залповых выбросов сточных вод). Для снабжения города питьевой водой волжскую воду хлорируют. Но содержащаяся в воде гнилостная органика образует с хлором ядовитое соединение - диоксин. Для разрушения диоксина воду необходимо озонировать. Но из-за отсутствия средств озонирование не производится, и население города вынуждено употреблять отравленную воду. Причиной ухудшения качества питьевой воды являются также ветхие водопроводные трубы, процент износа которых в некоторых районах города составляет 50-60%.

Не внушает оптимизма и состояние почвы. Наличие большого количества промышленных объектов различного назначения вызывает интенсивное загрязнение почв. Известно, что вокруг промышленных городов образуются так называемые «металлические пояса» (кольца), насыщенные продуктами производства: в Медногорске - медью, в Никеле - никелем, в Актюбинске - хромом. Самара в этом плане является многокомпонентным городом.

промышленных и бытовых отходов. В Самаре каждый год официально принимается 2200 тыс. т отходов. Еще 600 т оседают на дворовых свалках, берегах реки Самарки и в лесах. Особенно неприглядная картина вырисовывается на дачных массивах, где по периметру территории организованы несанкционированные свалки из мусора и строительных материалов.

До сих пор не решена проблема утилизации жидких отходов и мусора. Из мусоропроводов в мусорные контейнеры попадают все отходы вместе, в то время как за рубежом давно решен вопрос раздельного сбора бытовых отходов, из которых получают различные полезные материалы после повторного использования.

Состояние здоровья наших земляков ухудшается из года в год. По легочным заболеваниям Самара стоит почти на первом месте в России. Особую тревогу вызывает стойкая тенденция к росту заболеваемости среди детей. За последние пять лет среди детского населения города наблюдается рост злокачественных образований - в полтора раза (Самара имеет онкологический диспансер), врожденных уродств - почти в два раза, заболеваний крови - в два раза, эндокринной системы - в три раза. Все больше молодых людей становятся зависимыми от табака, алкоголя, наркотиков. И это на общем фоне низкой рождаемости и высокой смертности. За 2003 год численность населения уменьшилась на 10%, несмотря на миграционный процесс.

Рост заболеваемости и смертности можно объяснить воздействием на человека негативных факторов среды обитания: это экологические нарушения, ухудшение социально-экономических условий жизни, психологические стрессы, физиологические перенапряжения, инфекции и др. Прогнозы на будущее - самые мрачные (нарастание заболеваний, ухудшение экологической обстановки и прочее).



## ГЛАВА II

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**

Нефтегазовому комплексу отводится ведущая роль в топливно-энергетическом балансе страны. При нынешних темпах развития производственных сил и освоения углеводородных ресурсов вопросы охраны окружающей среды приобретают особую остроту и социальную значимость. Это обусловлено тем, что производственная деятельность предприятий нефтяной и газовой промышленности неизбежно связана с техногенным воздействием нефтедобычи на объекты природной среды.

Технологические процессы в нефтяной и газовой промышленности связаны с наличием легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, горючих газов, агрессивной пластовой воды, а также с применением высоких давлений и температур. Эта особенность влечет за собой потенциальную опасность объектов нефтегазодобычи для экономики, социальной среды и ОС в случае аварии.

По уровню отрицательного воздействия на окружающую природную среду нефтегазодобывающее производство занимает одно из первых мест среди отраслей народного хозяйства. Оно загрязняет практически все сферы ОС - атмосферу, литосферу и гидросферу, причем не только поверхностные, но и подземные воды, геологическую среду. Все компоненты биосферы в районах нефтедобычи испытывают интенсивную техногенную нагрузку, приводящую к нарушениям равновесия в экосистемах.

### **2.1. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

Нефть и газ с давних пор являются потребными продуктами для развития и совершенствования цивилизации. Обычно датой рождения в стране нефтяной и газовой промышленности считается получение из скважины первого фонтана нефти (табл. 2.1).

Из таблицы видно, что нефтяная промышленность в разных странах мира существует всего 110-140 лет, но за этот промежуток времени добыча нефти увеличилась больше чем в 40 тысяч раз. В 1860 г. мировая добыча нефти составляла всего 70 тыс. т, в 1970 г. было извлечено 2280 млн т, в 1996 г. - 3168 млн т.

Считается, что нефть и газ приурочены к осадочным породам и

**Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**

распространены регионально. Вместе с тем в настоящее время открыты крупные залежи нефти (например, во Вьетнаме на шельфе) в кристаллических породах (гранитный массив). Это противоречит канонам нефтегазовой геологии, рассматривающим в качестве нефтесодержащих пластов только осадочные породы.

До 30-х годов прошлого века добыча нефти велась открытым способом (даже при фонтанировании нефти добыча регулировалась задвижкой). При этом происходили большие потери нефти, особенно легких фракций, что наносило ОС большой вред. Современный способ добычи предусматривает герметизированный сбор нефти, газа, конденсата, при котором вредное влияние продуктов пласта на ОС резко снижается.

Существенный спад производства за последние годы, мно-

Таблица 2.1

**Первые промышленные притоки нефти по основным нефтедобывающим странам мира**

Страна	Год	Страна	Год
Канада	1857	Алжир	1880
Германия	1859	Куба	1880
США	1859	Франция	1881
Италия	1860	Мексика	1882
Румыния	1861	Индонезия	1885
Россия	1864	Индия	1888
Япония	1972	Югославия	1890
Польша	1874	Перу	1896

гочисленные организационные и технические природоохранные мероприятия, проводимые в нефтегазовом комплексе, не привели к существенному улучшению экологической обстановки, что обусловлено высокой аварийностью на промыслах. В связи с физическим старением нефтепромыслового оборудования частота аварийных залповых сбросов в ОС нефти, газа, подтоварных, пластовых и буровых сточных вод ежегодно исчисляется тысячами случаев и имеет тенденцию к росту. По стране в целом снизился КИН (в 1,7 раз), вырос фонд простаивающих скважин (в 4 раза), обострились экологические проблемы.

За время своего существования нефтегазодобывающий комплекс нанес колоссальный ущерб природным ресурсам и ОС. Нарушены тысячи гектаров земель, сожжено на факелах сотни миллиардов кубометров попутного газа, потеряли свое хозяйственное значение многие охотничьи угодья, олени пастбища, реки, озера, в несколько раз сократилось количество рыбы. По оценкам экспертов, в результате аварий на объектах нефтегазодобычи на почвах и поверхностных водоемах находится до 4 млн т нефти. Загрязнение территории нефтедобывающих районов оказало отрицательное воздействие на все компоненты природной среды в такой степени, что вполне правомерны предложения об отнесения Нижневартовского, Сургутского, Нефтеюганского районов к числу территорий экологического бедствия.

Рекультивацией нефтезагрязненных ландшафтов до конца восьмидесятых годов практически никто не занимался, лишь с начала девяностых годов под давлением комитетов по охране ОС начались массовые работы по ликвидации нефтяных загрязнений земель.

Для кардинального улучшения экологического состояния и обеспечения защиты населения и территории от последствий аварийных ситуаций техногенного характера необходима разработка и применение новой природоохранной стратегии, позволяющей прогнозировать возникновение чрезвычайных ситуаций и принимать превентивные меры по предотвращению их последствий.

Наиболее актуальными для современного нефтегазодобывающего производства продолжают оставаться три группы взаимосвязанных экологических проблем:

- истощение запасов нефти и газа и пополнение их за счет открытия новых месторождений;
- предотвращение загрязнения ОС;



- обеспечение естественного экологического равновесия, сохранение ландшафтов.

Все специфические вопросы охраны ОС решаются на уровне отраслевых нормативных правовых актов. Предотвращение загрязнения природной среды нефтью и ее продуктами - одна из сложных и многоплановых проблем охраны природной среды. Ни один другой загрязнитель, как бы опасен он ни был, не может сравниться с нефтью по широте распространения, числу источников загрязнения, величине нагрузок на все компоненты природной среды. На рис. 2.1 изображен фрагмент карты месторождений Самарской области.

Из рисунка видно многообразие нефтяных и газовых месторождений и разбросанность их за счет исторических тектонических перемещений.

Добыча нефти и газа продвигается в Восточную Сибирь, на Север и в Арктику, пришельфовые зоны морей, где открыты крупнейшие месторождения нефти, газа и газоконденсата. В связи с этим появляются новые экологические проблемы для новых условий разработки месторождений.

Целый комплекс эколого-правовых проблем возникает при реализации проектов по добыче нефти и газа в территориальных морях России и на шельфе, особенно Охотского моря. На северо-восточном шельфе Сахалина продолжается реализация проектов нефтегазодобычи «Сахалин-1» и «Сахалин-



Рис. 2.1. Месторождения Самарской области



2», предусматривающих, в нарушение природоохранного законодательства, сброс буровых отходов в море (по каждому проекту планируется пробурить до 40 скважин, при освоении каждой из них образуется более 1000 т буровых отходов). Таким образом, в Охотское море, которое дает до 70% рыбы и морепродуктов России, будет сброшено свыше одного миллиона тонн отходов, содержащих нефть, тяжелые металлы и другие токсические компоненты. Биоресурсам моря будет нанесен невосполнимый ущерб.

Не только в РФ, но и в странах СНГ часто попираются правовые акты. Например, в Казахстане принят новый закон «О нефти» от 28.06.95 г. Одним из законодательных решений, которые привели к снижению добычи нефти многими компаниями, работающими в Казахстане, стала новая редакция ст. 30-5 закона «О нефти». Введение этой нормы в закон привело к тому, что практически все недропользователи, добывающие углеводородное сырье, оказались нарушителями действующего законодательства, поскольку согласно данному положению промышленная разработка нефтегазовых месторождений без утилизации нефтяного и природного газа запрещена.

В рамках новой законодательной нормы сжигание природного газа в факелах допустимо только при наличии соответствующего разрешения:

- в исключительных случаях, к которым относятся аварийная ситуация и угроза населению и ОС;

при испытании скважин или пробной эксплуатации месторождений с общим сроком не более трех лет.

В сложившейся ситуации для предотвращения дальнейшего замедления роста и падения добычи нефти целесообразно ввести мораторий на действие закона на срок до пяти лет, одновременно увеличив ставки обязательных платежей за сжигание газа на факелах, что позволит недропользователям провести модернизацию своих производств, направленную на полную утилизацию газа. Они будут заинтересованы в переориентации на новое производство, поскольку за период моратория понесут финансовые затраты в связи с производством обязательных платежей за выбросы в атмосферу, а после истечения срока моратория их действия будут противоречить требованиям закона. Однако пока такое решение со стороны Правительства Казахстана не принято.



Почти все производственные объекты в нефтяной и газовой промышленности при соответствующих условиях загрязняют ОС множеством вредных веществ разной экологической значимости.

Источниками негативного воздействия на ОС в нефтяной промышленности являются деятельность человека при поисковых и разведочных работах на нефть, при бурении скважин, при строительстве объектов нефтяного производства и непосредственно сами объекты нефтяного производства как в процессе эксплуатации, так и в состоянии консервации. Период, охватывающий разведку, изыскание и строительство объектов, как правило, намного короче, чем срок эксплуатации. Однако техногенные воздействия в этом периоде характеризуются гораздо большей интенсивностью, чем при эксплуатации, хотя носят иной характер.

В зависимости от продолжительности воздействия указанные источники загрязнения подразделяются на источники длительного и ограниченного по времени воздействия. К первым относятся сами объекты нефтяного производства и деятельность людей, связанная с эксплуатацией месторождений. Масштабы их негативного воздействия на ОС зависят от качества работ при сооружении объектов нефтяного производства, включая бурение скважин. К ограниченным источникам воздействия относятся все остальные виды деятельности людей.

По пространственному признаку источники загрязнения подразделяются на точечные (скважины, амбары), линейные (нефтегазопроводы, водоводы) и площадные (нефтепромыслы, месторождения).

Характерной особенностью нефтегазодобывающего производства является повышенная опасность его продукции. Она опасна с точки зрения взрывопожароопасности, для всех живых организмов опасна по химическому составу. Газ при смешивании с воздухом в определенных пропорциях образует взрывоопасную смесь, которая при наличии искры взрывается и часто приводит к многочисленным человеческим жертвам.

Особую остроту экологические проблемы нефтегазового строительства приобрели при освоении нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений Севера и Крайнего Севера, Западной Сибири и Европейской части России. Экстремальность экологической ситуации там обусловлена повсеместным



залеганием ММП, низкой биологической активностью и скудностью местной фауны и флоры вследствие продолжительного периода отрицательных температур (зимние температуры достигают 45-55 °С). Продолжительность периода с отрицательной температурой в среднем составляет 240 дней в году.

Разведка и бурение на нефть и газ на Крайнем Севере сопровождаются нарушением теплофизического равновесия в условиях многолетней мерзлоты и проявлением эрозионных процессов на поверхности земли. Строительство скважин приводит к развитию термокарста и просядкам, что вызывает нарушение природных ландшафтов. Известны случаи аварий из-за протаивания мерзлых пород в прискважинной зоне под действием тепла в процессе бурения. В результате нарушения ММП может начаться интенсивное фонтанирование нефти и газа через устье или по заколонному пространству (образование грифонов). Возможно также образование приустьевых кратеров, размеры которых в поперечнике могут достигать 250 м.

За годы освоения нефтегазовых месторождений Западной Сибири (с 1964 г.) под действием интенсивного техногенного наступления на крайне ранимую северную природу в биогенетическом потенциале региона произошли серьезные изменения. Так, из 47 видов ценных промысловых рыб Обского бассейна сохранился лишь 21 вид. Причиной создающегося положения является низкий уровень экологичности технологических процессов нефтегазодобычи, используемых технических средств, применяемых материалов и химреагентов.

Необходимо учитывать также социальные и бытовые проблемы малых народностей, населяющих северные районы.

Производственная деятельность предприятий нефтегазовой промышленности вследствие особенностей технологических процессов оказывает серьезное воздействие на ОС. Вот некоторые негативные моменты деятельности отрасли:

1. Изъятие земельных ресурсов для строительства объектов и сооружений (скважины, нефтегазовые промыслы по сбору, сепарации нефти и газа, транспорт нефти и газа до потребителя и за рубеж, НПЗ и ГПЗ и т.д.). Отвод земель (нередко высокопродуктивных угодий) под объекты нефтегазодобычи по площади невелик, но велико число объектов. Например, фонд скважин в стране близок к 150 тыс.

2. Выбросы газа и легких фракций, отработанных газов в атмосферу при движении нефти и газа от скважин до мест переработки (в технологических установках, при авариях, сжигании

газа на факелах, работе автомобильной и тракторной спецтехники).

3. Сбросы и разливы нефти и побочных продуктов в водную среду и на рельеф местности (нефтепродукты, высокоминерализованные пластовые воды, СПАВ, ингибиторы коррозии и парафиноотложений, деэмульгаторы, химические реагенты, буровые и промысловые сточные воды, буровой и нефтяной шлам).

4. Аварийные разливы нефти и несанкционированные врезки в нефтепровод, аварийный и технологический выпуск газа и прочее.

Кроме того, причинами возникновения опасных и вредных факторов, аварий являются:

- несовершенство органов управления;
- эксплуатация неисправных машин, механизмов, приспособлений, инструмента;
- использование оборудования, инструмента не по назначению;
- низкое качество обучения, в том числе проведения инструктажей, и несвоевременная проверка знаний;
- нарушение правил, норм и инструкций, касающихся охраны труда;
- отсутствие контроля и надзора за проведением работ с повышенной опасностью;
- климатические особенности и сезонные изменения климата.

## 2.2. ЗАГРЯЗНИТЕЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Производственная деятельность предприятий нефтяной и газовой промышленности, обеспечивающих добычу, транспортировку и переработку углеводородного сырья, является фактором мощного антропогенного воздействия на окружающую природную среду.

Основными загрязнителями нефтегазового производства являются эксплуатационные и нагнетательные скважины, трубопроводы и объекты технологического назначения. К технологическим объектам относятся: АГЗУ, ДНС, сборные пункты, товарные парки, установки подготовки нефти и газа, насосные и компрессорные станции, НПЗ и ГПЗ, КНС для поддержания пластового давления, факельные устройства и многочисленные сопутствующие объекты (котельные, очистные сооружения, склады расходных материалов и товарной продукции и т.п.). К

вспомогательным объектам относятся предприятия технологического транспорта и нефтемашремонта, базы производственного обслуживания, химреагентов и спецматериалов и др. В табл. 2.2 приведены уровни риска загрязнений ОС при нефтегазодобыче.

Источниками газовой выделения на объектах газовой промышленности являются скважины, газопроводы, аппараты, факелы, предохранительные клапаны, емкости, дымовые трубы и постоянно действующие свечи, аварийные выбросы. Источники разделяются на три группы: первая объединяет фоновые постоянные утечки природного газа; вторая - технически неизбежные эпизодические утечки; третья - технологически неизбежные постоянные выбросы.

Выбросы вредных веществ разделяются на организованные и неорганизованные. К первым относятся выбросы, которые отводятся от мест выделения и улавливания с помощью специальных установок, ко вторым - выбросы, возникающие за счет негерметичности технологического оборудования, резервуаров и т.д.

Среди загрязнителей наибольшую опасность представляют жидкие и полужидкие, которые в силу своей подвижности обладают высокой аккумулярующей способностью, что может приводить не только к стойкому загрязнению объектов

Таблица 2.2

Уровни риска загрязнений ОС при добыче нефти и газа

Вид источника загрязнения	Риск загрязнения		
	земли	воды	атмосферы
Скважины и устьевое оборудование	низкий	низкий	низкий
Сборные трубопроводы и трубопроводы для закачки воды в скважину	высокий	высокий	низкий
Установки сепарации и промысловой обработки нефти	средний	средний	высокий
Нефтехранилища	средний	высокий	высокий
Оборудование для ППД, компрессорное оборудование и оборудование, используемое при передаче продукции потребителю	низкий	низкий	средний

ОС, но и к нарушению экологического равновесия в местах их попадания.

Загрязнители предприятий нефтегазодобывающего комплекса содержат в своем составе органические и минеральные вещества. К органическим загрязнителям относятся: нефть, нефтепродукты, газоконденсат, масла, фенолсодержащие соединения, метанол, ацетон, формальдегид, бензол, толуол, диэтиленгликоль и многие другие. К неорганическим загрязнителям относятся различные

минеральные соли. Многие из загрязнителей обладают ярко выраженным токсическим эффектом, который проявляется в атмосфере, водной среде и грунтах (почве).

Для нефтегазового производства характерно образование нефтезагрязненных жидких сточных вод и твердых веществ (шламов) в больших объемах. Шламы образуются при строительстве нефтяных и газовых скважин, при промышленной эксплуатации месторождений, переработке нефти, очистке сточных вод, содержащих нефть, а также при чистке резервуаров и другого оборудования.

Нефть, пластовые воды, сточные воды, содержащие различные химические соединения, особо опасны при попадании их в водные бассейны, в почву; они негативно воздействуют на животный и растительный мир и человека. Причинами загрязнений являются аварийное фонтанирование скважин, разрывы нефтепроводов, нарушения герметичности технологического оборудования, аварии транспортных средств и др. Специалисты также отмечают загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами, такими как медь, цинк и свинец.

К наиболее распространенным загрязнителям атмосферы при добыче, подготовке, транспортировке и переработке нефти и газа, а также при их сгорании относятся сернистый ангидрид, сероводород, окислы азота, углеводороды и механические взвеси. В атмосферу выбрасываются оксид углерода CO, углеводороды  $C_nH_{2n+2}$ , оксид азота  $NO_x$ , сероводород  $H_2S$ , диоксид серы  $SO_2$ , метан  $CH_4$ , соединения свинца РЬ ( $C_5H_5$ ), бенз(а)пирен  $C_{20}H_{12}$ , меркаптан, альдегиды и другие компоненты, содержащиеся в токсичных, взрывоопасных и агрессивных газах.

Наиболее опасными составляющими продукции месторождений нефти и газа являются сероводород и углекислота, содержание которых может достигать до 40%. Эти вещества могут находиться в газообразном состоянии или растворенными в нефти. Из двух кислых газов большие проблемы создает сероводород, который является отравляющим веществом для персонала, агрессивен по отношению к буровому оборудованию, промывочным жидкостям и тампонажным материалам.

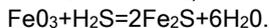
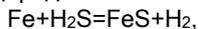
Большой объем загрязнений поступает в воздух в процессе очистки нефти от серы и сернистых соединений, при сжигании попутных газов, обессоливании и обезвоживании нефти, сепарации газа, стабилизации конденсата и т.д. Например, факельные устройства, котельные и нагревательные печи в качестве продуктов сгорания в ОС выбрасывают оксиды азота, диоксид

серы, оксид углерода, сажу.

Особенностью нефтегазовой отрасли промышленности является использование огромного количества химических реагентов, улучшающих технологический процесс бурения скважин, добычи нефти и ее переработки. Например, на месторождениях ОАО «Татнефть» ежегодно применяется около 110 наименований химических реагентов, использование которых регламентировано 85 нормативными документами (РД, инструкции, руководства, ТУ). 15 видов химических реагентов используется при бурении скважин по 8 действующим технологиям; 36 видов реагентов - по 24 технологиям повышения нефтеотдачи пластов; 39 - по 31 технологии обработки призабойной зоны добывающих и нагнетательных скважин; 16 - при подготовке нефти. Среднегодовой объем применения всех видов химических реагентов составляет около 55 000 т, из них при бурении скважин - 28 000 т, при ПНП - 10 500 т, при добыче - 12 000 т, при подготовке продукции скважин - 4 500 т. Из классов химических соединений наибольший объем (55%) приходится на твердые вещества, образующие дисперсные системы: глинопорошок, мел, барит. Кислот применяется 16%, ПАВ - 11%, водорастворимых солей - 7%, полимеров - 5%, растворителей АСПО - 4%, щелочей - 1%, прочих химреагентов - 1%.

Наиболее опасной, с точки зрения увеличения агрессивности добываемой продукции скважин, является соляная кислота, при взаимодействии которой с карбонатными пластами выделяется углекислый газ.

Большое влияние на качество очищаемой воды оказывает сульфид железа, который является продуктом коррозии, образующимся в результате химической реакции между сероводородом и железом:



Дополнительно применяют химикаты для предотвращения солеотложений, для борьбы с коррозией нефтегазопромыслового оборудования, деэмульгаторы, расслаивающие эмульсии на нефть и воду, и прочее.

Ряд химических элементов представляет собой токсические вещества, и поэтому работа с ними требует аккуратного обращения с точки зрения вредного влияния на организм человека и, конечно, на ОС. Дeterгенты (ПАВ, добавки, активаторы, комплексообразующие вещества, наполнители, присадки) применяются для улучшения условий бурения скважин, заводнения

нефтяных пластов, борьбы с отложениями парафина, коррозией оборудования. Они, являясь загрязнителями, попадают в водоемы с бытовыми и промышленными водами. Сильное токсическое воздействие ПАВ может проявляться при концентрациях их в виде 2000- 3000 мг/м<sup>3</sup>.

Экологическая безопасность при строительстве эксплуатационных скважин, добыче нефти и газа на месторождениях обеспечивается:

- организованным сбором производственных и хозяйственных отходов и их локализацией в отведенных местах, утилизацией;
- предупреждением или устранением загрязнения и за-мазученности на кустовых площадках;
- уменьшением количества выбросов вредных веществ в атмосферу;
- выполнением мероприятий по рекультивации земельных участков;
- организацией локального экологического мониторинга окружающей природной среды;
- оценкой степени экологического риска и разработкой полного комплекса природоохранных мероприятий с целью сведения экологического риска к минимуму.

Следует отметить, что негативное воздействие на окружающую природную среду является платным. Предприятия, руководители и ответственные за экологическую безопасность несут ответственность за загрязнение природы. Порядок исчисления и взимания платы за негативное воздействие на ОС устанавливается законодательством Российской Федерации.

### **2.3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ**

Физико-химические свойства загрязнителей воздушной, водной среды, почвы при разведке и эксплуатации нефтегазовых месторождений чрезвычайно разнообразны. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся загрязнители.

#### **2.3.1. Нефть и нефтепродукты**

*Сырая нефть.* Это горючая маслянистая жидкость темно-коричневого цвета со специфическим запахом. Цвет нефти зависит от содержания смолистых и асфальтовых соединений. Чем больше смол и асфальтов содержит нефть, тем она темнее. Запах нефти

определяется компонентным составом. По химическому составу нефть - сложное соединение углерода и водорода в жидком состоянии. Такие соединения называются углеводородами. Нефть содержит в основном парафиновые (метановые), нафтеновые и ароматические углеводороды, а также некоторое количество кислород-, серо- и азотосодержащих соединений.

Нефть, заключенная в залежи, называется пластовой нефтью. Под этим термином понимается смесь углеводородных компонентов и растворенных в них неуглеводородных примесей, которые находятся в залежи в естественных условиях при пластовом давлении и пластовой температуре в жидком состоянии.

В условиях пластового давления в нефти всегда растворено определенное количество газа, достигающее иногда 300- 400 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> нефти.

При извлечении пластовой нефти из недр изменяются ее давление и температура, в результате чего нефть из однофазного жидкого состояния переходит в двухфазное - разга- зированную нефть и нефтяной газ.

Жидкая фаза в пласте может, в свою очередь, состоять из нефти и пластовой воды, содержание которой в потоке может быть значительным, нередко во много раз превышающим содержание самой нефти, особенно в конце эксплуатации месторождения.

Как загрязнитель нефть представляет особую опасность для ОС и ее обитателей. При утечках, разливах нефти и попадании ее на поверхность воды и почвы нарушается закономерность самоочищения. Так, например, при разливе одной тонны нефти на воде образуется сплошная пленка площадью 2,6 км<sup>2</sup>, а одной капли - около 0,25 м<sup>2</sup>. Пленочная нефть менее токсична, однако вызывает изменения обменных процессов между поверхностным слоем воды и воздушной средой, нарушает первичные биохимические процессы, происходящие в поверхностном слое воды. Кислородный, углекислотный и другие виды газового обмена препятствуют проникновению солнечных лучей в глубокие слои воды, пагубно воздействуют на планктон, морскую, речную, озерную фауну и флору. Содержание нефти в воде выше 100 мг/м<sup>3</sup> придает рыбе специфический запах и привкус, который невозможно устранить при термической обработке.

Токсичность нефти зависит от ее химического состава, в первую очередь от количества нафтеновых кислот. Окисление нафтеновых кислот в водной среде происходит очень медленно, что делает их опасными загрязнителями водоемов. Наибольшей токсичностью обладает растворенная и эмульгированная в воде

нефть. Концентрация ее выше 0,05 мг/л приводит к значительным нарушениям биологического равновесия водоемов.

Действие на организм паров сырой нефти не постоянно и зависит от ее состава. Нефть, бедная ароматическими углеводородами, по действию приближается к бензинам. Пары сырой нефти малотоксичны, однако соприкосновение жидкой нефти с кожей человека может вызывать заболевания (дерматиты, экземы).

Сильное воздействие на почвы оказывают разливы нефти: физико-химические свойства почвы, впитавшей в себя нефть, изменяются. Это влечет за собой гибель земных микроорганизмов, бактерий, резкое снижение плодородия. Для приведения почв в первоначальное состояние требуется проведение большого объема восстановительных работ, материальные и финансовые затраты.

*Бензин.* Попадает в организм человека через дыхательные пути с воздухом и затем поступает в кровь и желудочно-кишечный тракт; через кожу всасывается слабо. В основе действия бензина на организм лежит его способность растворять жиры. Особенно сильное воздействие бензин оказывает на центральную нервную систему и кожный покров. Он может вызывать острые и хронические отравления. Острые отравления наступают при концентрации паров бензина в воздухе 0,005-0,01 мг/м<sup>3</sup>. Состояние человека напоминает состояние алкогольного опьянения. Концентрация 0,040 мг/м<sup>3</sup> смертельна для человека. При частых повторных отравлениях парами бензина развиваются острые нервные расстройства. Многократные воздействия небольших количеств формируют привыкание, которое не означает меньшее воздействие яда, а характеризует опасное понижение чувствительности к нему. ПДК паров бензина - 0,003 мг/м<sup>3</sup>.

*Керосин.* Общее действие керосина сходно с действием бензина, но раздражающее действие его паров на слизистые оболочки выражено сильнее. По токсическим концентрациям пары керосина близки к парам бензина. Действуют на кожу, вызывая дерматиты и экземы.

*Мазут.* Имеет сложный химический состав. Представляет собой вязкую жидкость от светло-коричневого до темно-коричневого цвета. Мазут легче эмульгируется, в стойких эмульсиях содержится до 170 мг/л мазута. Содержание мазута в воде лимитируется: ПДК - 0,3 мг/л.

*Бензол.* Бесцветная жидкость. Встречается как примесь в составе некоторых нефтяных бензинов, а также получается при

перегонке нефти. ПДК - до 0,19 мг/л. Бензол - яд, влияющий прежде всего на нервную систему и кровь. При хроническом воздействии низких концентраций бензола на животных и рыб изменения обнаруживаются в первую очередь в составе крови. Бензол хорошо растворим в воде. ПДК в воде - 0,5 мг/л.

*Толуол.* Бесцветная жидкость с характерным запахом. Летучесть в 2 раза меньше, чем у бензола. Содержание толуола в водоеме хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования лимитируют по вредности. ПДК - 0,5 мг/л.

*Ксилол.* Бесцветная жидкость, в воде растворяется слабо (0,13 мг/л). На организм человека оказывает прежде всего наркотическое действие. При длительном воздействии в малых концентрациях вызывает раздражение кровеносных органов; действие его сходно с действием бензола и толуола. В водоемах, используемых для питьевых и хозяйственно-бытовых целей, содержание ксилола лимитируется по органолептическому показателю вредности (ПДК - 0,05 мг/л); в водоемах, используемых для рыбохозяйственных целей, ПДК - 0,5 мг/л.

*Нафтенновые кислоты.* Содержатся главным образом в нефтях южных месторождений. В сточных водах они присутствуют в виде солей, образующихся при щелочной очистке нефтепродуктов. Неочищенные нафтенновые кислоты представляют собой бурую маслянистую жидкость с резким неприятным запахом. Окисление нафтенновых кислот в водной среде идет крайне медленно, что делает их опасными загрязнителями водоемов. По вредности близки к нефти (пороговые концентрации - 0,2-0,3 мг/л).

*Меркаптаны.* Это легколетучие бесцветные жидкости с плотностью ниже единицы, плохо растворимые в воде, хорошо - в спирте и эфире. Обладают специфическим запахом и обнаруживаются в воздухе при концентрации до 2,0<sup>9</sup> мг/л. Растворяются в щелочах, образуя меркаптиды. В малых концентрациях пары вызывают тошноту, головную боль из-за отвратительного запаха. Более высокие концентрации влияют на центральную нервную систему. Обладают наркотическим действием, вызывают мышечную скованность, судороги.

### **2.3.2. Газы**

Природный газ так же, как и нефть, состоит из смеси углеводородов, только в газообразном состоянии. Он для ОС практически безвреден. Негативное воздействие на атмосферу газ оказывает при использовании его человеком в качестве топлива в

газомоторкомпрессорах, котельных, автомобилях. Использование жидких продуктов перегонки нефти в ДВС, в приводе БУ в авиации, автомобилях влияет на атмосферу в виде отработанных газов. Основная часть продуктов сгорания нетоксична, имеет такой же химический состав, как и атмосферный воздух, отличаясь от него значительно большим содержанием углекислого газа и водяных паров при более низкой концентрации кислорода. Остальную объемную долю отработанных газов (0,02-1,0%) составляют продукты неполного сгорания, окисления примесей и присадок к топливу, а также оксиды азота, углерода, серы, альдегиды, сажа. Эти вещества являются вредными.

Рассмотрим некоторые токсичные загрязнители.

*Оксид углерода (окись углерода) CO.* Газ без цвета, запаха и вкуса. Плотность по воздуху - 0,967. Горюч. С воздухом образует взрывчатую смесь. В воде практически не растворяется. Обладает токсическим действием. Поступление CO в организм подчиняется закону диффузии газов. ПДК оксида углерода в воздухе рабочей зоны - 20 мг/м<sup>3</sup>. Концентрацию 300 мг/м<sup>3</sup> человек переносит без заметного действия в течение 2-5 часов; 600 мг/м<sup>3</sup> вызывает легкое отравление; 1800 мг/м<sup>3</sup> приводит к тяжелому отравлению через 10-30 мин; при 3600 мг/м<sup>3</sup> через 1-5 мин наступает смерть.

*Диоксид углерода (диоксид углерода, углекислый газ) CO<sub>2</sub>.* Бесцветный, тяжелый, малореакционноспособный газ. При низких и умеренных температурах обладает слегка кисловатым запахом и вкусом. При содержании в воздухе до 1% нетоксичен; при концентрации 4-5% раздражающе действует на дыхательную систему, значительно учащая дыхание; при 10% вызывает сильное отравление.

Углекислый газ оказывает наркотическое воздействие на человека и может изменять его поведение (походку, реакцию зрачков и др.), раздражать слизистые оболочки. В воздухе, вдыхаемом человеком, содержится примерно 0,04% CO<sub>2</sub>. ПДК CO<sub>2</sub> в воздухе составляет 1%.

В относительно малых количествах CO<sub>2</sub> стимулирует дыхательный центр, в больших - угнетает его и вызывает повышение содержания адреналина в крови. Привыкание людей к CO<sub>2</sub> признается возможным, но связано с тренировкой органов дыхания и кровообращения.

*Оксид азота (NO).* Бесцветный газ, быстро окисляется до NO<sub>2</sub>. NO - кровяной яд, оказывает прямое действие на центральную нервную систему. ПДК - 5 мг/м<sup>3</sup>.

*Диоксид азота (NO<sub>2</sub>).* Газ бурого цвета с удушливым запахом.

Диоксид азота оказывает сильное влияние на легкие человека. При работе в течение 3-5 лет в среде с концентрацией  $\text{NO}_x$  0,8-5  $\text{мг/м}^3$  развиваются хронический бронхит, эмфизема легких, астма и некоторые другие заболевания. ПДК  $\text{NO}_2$  - 5  $\text{мг/м}^3$ , при более высоких концентрациях поражается нервная система человека.

При одновременном присутствии в воздухе оксидов азота и углерода рекомендуется снизить ПДК обоих соединений.

*Сернистый ангидрид ( $\text{SO}_2$ )*. Бесцветный газ с острым запахом. Хорошо растворяется в воде, образуя сернистую кислоту. Оказывает общее токсическое действие, нарушает углеводный и белковый обмен. При концентрации 20-60  $\text{мг/м}^3$  раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз (чихание, кашель, покалывание в носу); при 200  $\text{мг/м}^3$  вызывает одышку, синюшность, человек переносит эту концентрацию только 3 мин. При концентрации 300  $\text{мг/м}^3$  происходит расстройство сознания, и через 1 мин человек теряет сознание.  $\text{SO}_2$  вызывает изменения костной ткани. ПДК - 10  $\text{мг/м}^3$ .

Токсичность  $\text{SO}_2$  резко возрастает при одновременном воздействии с сероводородом, окисью углерода, аммиака и окислами азота.

*Сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ )*. Бесцветный газ с резким неприятным запахом, ощутимым даже при незначительных концентрациях (запах тухлых яиц). Плотность сероводорода по отношению к воздуху 1,19, поэтому он может скапливаться в низких местах - ямах, колодцах, траншеях, тоннелях, ящиках конденсаторов, холодильниках и т.п. Сероводород легко растворяется в воде и очень легко переходит из растворенного состояния в свободное.

В организм человека сероводород поступает главным образом через органы дыхания и в небольших количествах через кожу и желудок. При вдыхании сероводород задерживается преимущественно в верхних дыхательных путях. В небольших количествах он угнетает центральную нервную систему, в умеренных - возбуждает, а в больших вызывает паралич, в частности, дыхательной и сосудистой систем. После перенесенного острого отравления часто отмечают заболевания пневмонией, менингитом, энцефалитом т.д.

Сероводород - наиболее токсичный компонент в воздушном бассейне объектов по добыче высокосернистых нефтей и газа. Присутствие его ощущается следующим образом: при концентрации 1,4-2,3  $\text{мг/м}^3$  - незначительный запах; 3,3- 4,6  $\text{мг/м}^3$  - явно ощутимый запах, для привыкших к нему нетягостный; 4,0  $\text{мг/м}^3$  - сильный запах; 7,0-11,0  $\text{мг/м}^3$  - запах, тягостный даже для

привыкших к нему; 100 мг/м<sup>3</sup> - запах уже не чувствуется; 140-150 мг/м<sup>3</sup> - раздражение слизистой оболочки; 260 мг/м<sup>3</sup> - погибают хвойные деревья; 700 мг/м<sup>3</sup>

- человек теряет сознание; 1000 мг/м<sup>3</sup> и выше - мгновенная смерть.

ПДК сероводорода - 10 мг/м<sup>3</sup>, в смеси с углеводородами С1-С5 - 5 мг/м<sup>3</sup>.

*Этилен.* Бесцветный газ, способный растворяться в воде. По характеру токсического действия - сильный наркотик. При длительном воздействии водных растворов этилена отменяется поражение печени, изменения в составе крови. Порог токсического действия - 1,5 мг/л; в концентрациях выше 0,5 мг/л этилен придает воде запах, выше 10 мг/л - нарушает процессы самоочищения водоема от органических веществ хозяйственно-бытовых сточных вод.

ПДК этилена в водных объектах хозяйственно-питьевого назначения - 0,5 мг/л.

*Формальдегид.* Газ с резким неприятным запахом, хорошо растворяется в воде. 40%-й водный раствор носит название формалина, который широко используется в медицине. Формальдегид - раздражающий газ, вызывает регенеративные процессы в органах, sensibilizует кожу, действует на нервную систему, особенно на зрительные бугры и слизистые оболочки глаз, вызывает першение в горле, насморк, кашель, удушье.

*Бенз(а)пирен.* Типичный химический канцероген ОС. Присутствует в атмосфере воздуха, растениях, почве, воде. Поступает в организм через кожу, органы дыхания, пищеварительный тракт.

*Сажа.* Ее условно называют твердым фильтратом отработанных газов. Сажа - продукт неполного сгорания и термического разложения углеводородных веществ. Сажа состоит в основном из частиц углерода, содержит в своем составе канцерогенные, полициклические ароматические углеводороды, токсичные соединения металлов. Сажа обладает хорошей летучестью, долго держится в воздухе, образуя устойчивое облако в местах выделения. Если содержание сажи в воздухе превышает 8%, ее рассматривают как взрывчатое вещество.

Таблица 2.3

**Свойства вредных веществ**

Вид вещества	Свойства
Углекислый газ	Удушающее действие
Оксиды углерода, азота и серы, альдегиды и др.	Токсичность
Акролеин, формальдегид, оксиды серы, углеводороды и др.	Раздражение слизистых оболочек носа, горла и глаз
Полициклические ароматические углеводороды	Канцерогенное действие
Альдегиды, углеводороды	Неприятный запах
Сажа, смола, минеральные аэрозоли, частицы и пары топлива и масла	Дымность

Таблица 2.4

**Значения ПДК загрязняющих веществ**

Вещество	Класс опасности	Значения ПДК, мг/м <sup>3</sup>	
		ПДК <sub>рл</sub>	ПДК <sub>м.р</sub>
Диоксид азота	3	2	0,2
Оксид азота	3	5	0,4
Оксид углерода	4	20	5
Диоксид серы	3	10	0,5
Углеводороды C <sub>1</sub> -C <sub>5</sub>	4	900/300	50 (ОБУВ)*
Углеводороды C <sub>6</sub> -Сю	4	900/300	30 (ОБУВ)
Сажа	3	4	0,15
Одорант СПМ	3	0,8	0,00005
Оксид железа	3	-	0,04 (ПДК <sub>гг</sub> )
Диоксид марганца	2	03/0,1	0,01
Бенз(а)пирен	1	-	МО <sup>-6</sup> (ПДК <sub>гг</sub> )
Сероводород	2	3,0	0,008
Бензол	2	15/5	0,3
Толуол	3	150/50	0,6
Ксилол	3	150/50	0,2
Кислота серная	2	1	0,3
Кислота соляная	2	-	0,2
Кислота азотная	2	2	0,4
Едкий натр	-	-	0,01 (ОБУВ)
Бензин	4	300/100	5
Пыль абразивная	-	-	0,04 (ОБУВ)
Метанол	3	5	1

\* ОБУВ - ориентировочно безопасные уровни воздействия

Воздействие сажи выражается в ухудшении видимости и появлении неприятного запаха. Контакты с сажей вызывают конъюнктивит, при вдыхании сажи появляется опасность пневмонии. ПДК - 0,15 мг/м<sup>3</sup>.

В табл. 2.3 приведены сведения о вредных свойствах некоторых

компонентов вредных веществ.

Установлены различные уровни ПДК одного и того же вещества для различных объектов внешней среды:

- ПДК<sub>СС</sub> - ПДК в воздухе населенных мест, среднесуточная в течение суток;
- ПДК<sub>РЗ</sub> - в рабочей зоне в течение рабочего дня;
- ПДК<sub>МР</sub> - ПДК в воздухе населенных мест, максимально-разовое значение в течение 30 мин;
- ПДК<sub>почв</sub> - в почве.

В табл. 2.4 приведены значения ПДК загрязняющих веществ.

Среднесуточное значение ПДК устанавливается для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и сенсибилизирующего действия вещества на организм человека. Предельной концентрацией для рабочей зоны считают такую концентрацию вредного вещества, которая при ежедневной работе в течение всего рабочего периода не может вызвать заболевание в процессе работы или в отдельные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Максимально-разовое значение ПДК устанавливается для предотвращения рефлекторных реакций человека при кратковременном действии примесей. Например, диоксид азота имеет следующие значения ПДК: ПДК<sub>СС</sub> - 0,04 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>МР</sub> - 0,2 мг/м<sup>3</sup>, ПДК<sub>РЗ</sub> - 2 мг/м<sup>3</sup>.

Для воздуха различают ПДК<sub>СС</sub> и ПДК<sub>МР</sub>. В зависимости от значения ПДК химические вещества в воздухе классифицируют по степени опасности. Для чрезвычайно опасных веществ (пары ртути, сероводород, хлор) ПДК в воздухе рабочей зоны не должна превышать 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

## **2.4. СТРУКТУРА ПРИРОДООХРАННЫХ ОРГАНОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

В РФ существует Управление федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор). Этот контролирующий орган по конкретному региону проводит государственный надзор за деятельностью производственного предприятия. Рассмотрим в качестве примера природоохранные органы бурового предприятия.

Главгосэкспертиза проводит государственную экспертизу проектной документации с целью определения допустимости, в том числе и с аналогических позиций, строительства эксплуатационных скважин на месторождении нефти, газа, газоконденсата. В заключении экспертной комиссии отражается соответствие

рабочего проекта информативно законодательным актам и требованиям природоохранного законодательства. В заключении указывается также количество и виды отходов производства при строительстве одной скважины: буровой шлам, отработанный буровой раствор, буровые сточные воды и нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Исполнительным органом, осуществляющим охрану ОС при выполнении буровых работ, является природоохранный орган, входящий в состав бурового предприятия. Состав и структура таких органов могут быть различными. Это зависит главным образом от объема выполняемых работ, количества объектов предприятия и от вредности антропогенного воздействия.

Как правило, система охраны ОС предприятия включает в себя отдел (службу) охраны природы (экологической безопасности), секторы региональных менеджеров, службу радиационной безопасности и прочее. Возглавляет отдел начальник службы (главный инженер или его заместитель). В более мелких структурных подразделениях структура службы по охране ОС может быть минимальной - главный инженер, начальник отдела и инженеры II и I категорий (инженер-эколог).

Главный инженер предприятия отвечает в целом за экологическую обстановку и состояние ОС в местах расположения производственных объектов. Он обязан не менее чем один раз в квартал знакомиться с анализом загрязнения ОС. Также в круг его обязанностей входит принятие конкретных мер и действий, направленных на снижение аварийности, приводящей к загрязнению ОС, выявление виновных лиц.

Главный инженер имеет следующие права:

- лишать виновных денежных премий;
- налагать денежный штраф в размере месячной зарплаты;
- при авариях, приведших к катастрофическим последствиям, привлекать к их расследованию органы прокуратуры.

Рассмотрим деятельность службы охраны природы нефтегазового предприятия. Главными задачами службы являются:

- обеспечение экологической безопасности в зоне производственно-хозяйственной деятельности предприятия;
- координация деятельности структурных подразделений в вопросах охраны ОС и рационального использования природных ресурсов.

В соответствии с задачами на службу возлагаются следующие функции:

- организация разработок и внедрения технологических ре-

## Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

комендаций научно-исследовательских институтов по повышению эффективности работы природоохранных сооружений, по рациональному использованию материальных ресурсов, тепловой и электрической энергии;

- контроль над соблюдением структурными подразделениями норм и правил экологической безопасности;
- разработка текущих и перспективных планов совершенствования технологических процессов с целью улучшения эко

логической обстановки в зоне производственно-хозяйственной деятельности предприятия;

- обеспечение соблюдения нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в ОС, лимитов использования природных ресурсов и размещения отходов производства и потребления;

- расчеты платежей за загрязнение ОС, размещение отходов;

- контроль над правомочностью предъявляемых контролирующими органами штрафов, исков и претензий за нарушения структурными подразделениями природоохранного законодательства;

- проведение мониторинга окружающей природной среды в зоне деятельности технического объекта;

- контроль над составлением заявок на оборудование, материалы, реагенты для подготовки нефти и химические реактивы экологической лаборатории;

- согласование заказов, технических заданий и условий на создание и внедрение новых технологических процессов, технических средств, заимствованных из других отраслей и закупаемых за рубежом;

- разработка новых нормативно-методических документов по охране атмосферного воздуха, водных, земельных и биологических ресурсов;

- своевременное представление сведений и отчетности, установленных действующим законодательством РФ;

- проведение конференций, совещаний, семинаров, школ передового опыта и выставок по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов;

- участие в работе комиссий по расследованию случаев загрязнения ОС.

- Служба охраны природы имеет право:

- приостанавливать проведение производственных работ, выполняемых с нарушением технологического процесса и вызывающих ухудшение экологической обстановки;

- депремировать руководителей структурных подразделений, не выполняющих природоохранные мероприятия, в результате чего ухудшается экологическая обстановка в районах нефтедобычи. Поощрять работников. Наказывать лиц, виновных в нарушении трудовой и производственной деятельности.

Служба в своей работе обязана контактировать с районными и областными экологическими службами. Для устойчивой работы нефтегазовых предприятий службы охраны природы должны руководствоваться следующими принципами:

## Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

- соответствие деятельности службы международным соглашениям и стандартам, федеральным и местным законодательным актам, нормам и правилам;
- внедрение сертифицированной системы управления природоохранной деятельности предприятия, которая должна соответствовать стандарту ГОСТ Р ИСО 14001-2007;
- внедрение замкнутых технологических циклов, высокопроизводительных технических средств;
- сокращение выбросов вредных веществ на всех этапах производственных процессов;
- создание здоровой окружающей среды (чистый воздух, вода, земля);
- повышение уровня автоматизации управления технологическими процессами;
- улучшение качества предпроектной и проектной документации на объекты для снижения техногенной нагрузки на ОС;
- проведение государственной экологической экспертизы в соответствии с законодательством РФ;
- повышение эффективности производственного контроля над соблюдением требований промышленной безопасности на основе внедрения современных информационных технологий, методов технической диагностики;
- формирование эффективной системы экологического менеджмента, способствующего снижению экологических рисков и обеспечению экологической безопасности;
- укомплектование экологических служб новыми эффективными средствами и высокотехнологическим природоохранным оборудованием;
- заботливое отношение к природе, развитие экологического сознания.

### **2.5. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН**

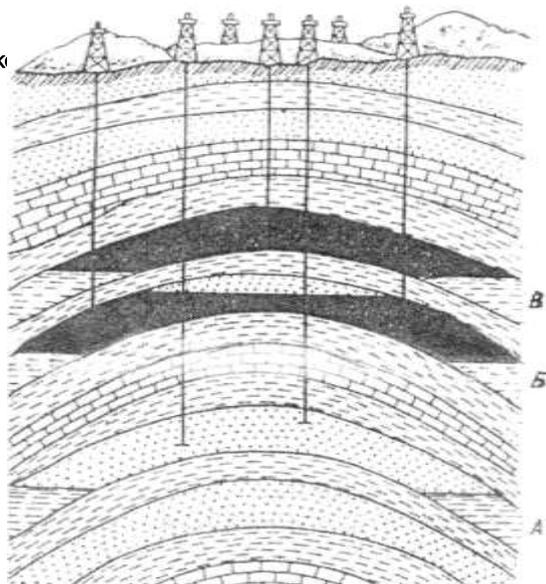
На протяжении всей геологической истории Земли непрерывно происходили тектонические движения (перемещения) отдельных блоков Земли относительно друг друга. Залегание гор-

ных пород, слагающих земную кору, также видоизменялось. Считается, что в осадочных породах образовались нефтяные и газовые залежи, а в результате смещения горных пород образовались разбросанные по площади нефтяные и газовые месторождения. На рис. 2.2 показана схема залегания в пластах нефти, газа и пластовой воды.

Строительство скважины представляет собой процесс бурения до пластовых залегающих добываемой продукции. Бурение скважины осуществляется с помощью буровой установки (рис. 2.3). Буровая установка представляет собой совокупность сложных механизмов, кинематически связанных друг с другом.

Если бурение нескольких скважин проводится с одной площадки и при этом бурят ряд наклонно направленных скважин в различных направлениях, то такой способ бурения носит название кустового (рис. 2.4). Во всех случаях бурение скважин связано с ощутимым загрязнением ОС.

Отличительной особенностью процесса бурения является



*Рис. 2.2.* Схема нефтегазового месторождения:  
А - чисто газовый пласт; Б - нефтяной пласт с газовой шапкой и подпорающими пластовыми водами;  
В - нефтяной пласт с пластовыми водами



Рис. 2.3. Общий вид БУ



Рис. 2.4. Кустовое бурение



высокая интенсивность и кратковременность формирования значительных техногенных нагрузок на объекты гидро-, лито- и биосферы, которые нередко превышают пороговые нагрузки и тем самым приводят к негативным последствиям. Причем такой характер техногенного воздействия создает реальную угрозу экологического стресса в районах массового бурения. Если учесть, что свыше 70% объемов буровых работ приходится на экологически уязвимые регионы с крайне неблагоприятными природно-климатическими и почвенно-ландшафтными условиями, характеризующиеся ограниченной способностью к самоочищению и слабыми защитными функциями к любому антропогенному воздействию, то становится очевидным ущерб, причиняемый природной среде процессами строительства скважин.

При бурении нефтяных и газовых скважин наибольшую опасность представляют открытые фонтаны с неконтролируемыми выбросами нефти, газа и газового конденсата. Это может привести к образованию вокруг устья скважины кратеров и котлованов. Ежегодно на нефтегазовых промыслах России возникают от 5 до 13 открытых фонтанов.

### 2.5.1. Источники загрязнения

Основными объектами загрязнения ОС при бурении нефтяных и газовых скважин являются: рабочая площадка; устье скважины и прискваженные участки; циркуляционная система; блоки приготовления, очистки, утяжеления и регенерации бурового раствора; блок химреагентов; склад для хранения сыпучих материалов, блок емкостей для запасного бурового раствора, насосный блок, дизельный привод, обвязка буровых насосов; обвязка водоснабжения, земляные амбары.

Источниками механических нарушений являются следующие технологические процессы:

- снятие и складирование плодородного слоя земли при подготовке территории буровой;
- устройство насыпной площадки под буровую при кустовом строительстве скважин;
- устройство земляных котлованов (шламовых амбаров) для сбора и хранения производственно-технологических отходов бурения;
- сооружение технологических площадок под оборудование буровой.

Источниками гидрогеологических нарушений являются тех-

нологические процессы, связанные с бурением скважин (загрязнения подземных вод и открытых водоемов, почвенно-растительного покрова).

Источники загрязнения условно можно разделить на постоянные и временные (рис. 2.5). К первой группе относятся фильтрация и утечки жидких отходов бурения из накопительных котлованов, сооружаемых в минеральном грунте (шламовых амбаров). Ко второй группе следует отнести источники временного действия: поглощение бурового раствора при бурении; выбросы пластового флюида на дневную поверхность; нарушение герметичности зацементированного заколонного пространства, приводящее к межпластовым перетокам и заколонным проявлениям; затопление территории буровой вследствие паводка в период весеннего половодья или интенсивного таяния снегов и разлив при этом содержимого шламовых амбаров. Общим для них является то, что они носят вероятностный характер, а их последствия трудно предсказуемы.

Наибольшую опасность для объектов природной среды представляют производственно-технологические отходы бурения (БШ, ОБР, БСВ), которые накапливаются и хранятся непосредственно на территории буровой, как правило, в земляных амбарах (котлованах-отстойниках), устраиваемых в минеральном или насыпном грунте. Отходы в своем составе содержат широкий спектр загрязнителей минеральной и органической природы, а также химреагентов. Токсичность отхо-



Рис. 2.5. Источники загрязнения при бурении скважин

дов бурения регулируется применением для приготовления бурового раствора малоопасных ингредиентов, отвечающих

требованиям РД 153-39-026-97. Использование буровых растворов на основе биоразлагаемых полимеров типа Poli-Kem- Pa S значительно снижает токсичность образующихся буровых шламов.

По агрегатному состоянию отходы могут быть систематизированы как жидкие (текучие), полужидкие (пастообразные) и твердые. При этом основным признаком отнесения к тому или иному виду в данной систематизации является содержание твердой и жидкой фаз. Так, при содержании твердой фазы до 35% отходы сохраняют свою подвижность и текучесть и относятся к жидким отходам (ОБР). При содержании твердой фазы от 35 до 85% отходы имеют пастообразный вид и относятся к полужидким (ОБР с БШ). И, наконец, при содержании жидкости в составе отходов меньше 15% их следует отнести к категории твердых отходов (БШ).

С целью сокращения объемов наработки бурового раствора и уменьшения ОБР, подлежащего обезвреживанию и утилизации, применяется трехступенчатая (четырёхступенчатая) система очистки раствора от выбуренной породы, использование блока коагуляции-флокуляции (типа FCH) для разделения раствора на механическую и твердые фазы и очистки БСВ от загрязнений.

Наибольший объем среди отходов бурения составляют БСВ. Это связано с тем, что строительство скважин сопровождается потреблением значительных объемов природной воды и образованием загрязненных стоков в виде БСВ. Суточная потребность буровой в технической воде колеблется в широких пределах - от 25-30 до 100-120 м<sup>3</sup> (на цикл бурения - 5000-8000 м<sup>3</sup>) и зависит как от природно-климатических условий и геолого-технических особенностей проводки скважин, от организации системы водоснабжения, так и от глубины скважины, продолжительности бурения и необходимости ликвидации осложнений и аварий.

БСВ, образующиеся при бурении нефтяных и газовых скважин, подразделяются на следующие виды:

- эксплуатационные (очистка сеток вибросит, мытье полов и оборудования, отработанная вода гидротормоза лебедки и системы охлаждения);
- технические (обмыв поднимаемых труб, явление сифона, дополнительное загрязнение бурового раствора после цементированья, увеличение объема раствора в результате саморазвольного замешивания);
- технологические (утечки при приготовлении буровых ра-

створов и химических реагентов для их обработки, потери при отделении выбуренного шлама на механизмах грубой очистки (вибросита) и тонкой (гидроциклонные пескоотделители и илоотделители, центрифуги), а также при засорениях и нарушениях целостности желобной системы);

- аварийные (нефтегазоводопрооявления, порыв трубопроводов, неисправность запорной арматуры);

- хозяйственно-бытовые;

- природные (дождевые и талые воды).

Выполнение многих технологических операций связано с потреблением значительного количества чистой воды, сбросом и накоплением в земляных отстойниках БСВ, загрязненных буровыми растворами, химическими реагентами, диспергированной глиной, выбуренной породой, утяжелителями, смазочными маслами, нефтью, минеральными солями. Физико-химический состав сточных вод колеблется в широких пределах и зависит в основном от количества попавшего в воду бурового раствора, химических реагентов и состава разбуриваемых пород.

В Западной Сибири повсеместно внедряют системы повторного использования БСВ для технических нужд бурения после их очистки самым простым и дешевым способом - путем отстаивания в накопителях. В дальнейшем для мойки производственных площадок, охлаждения штоков буровых насосов, обмыва резьбовых соединений бурильных труб, обслуживания механизмов очистки и регенерации растворов, приготовления и пополнения запаса бурового раствора и других работ обычно применяют обратную воду.

Кроме того, охлаждение дизелей, выхлопных газов их и гидротормоза лебедки осуществляют по замкнутому циклу. Это позволяет сократить расход чистой воды для технических целей бурения на 20-40%.

Подвижными отходами являются жидкие отходы (БСВ и ОБР), которые аккумулируют в себе основной объем загрязнителей. Именно они являются основными загрязнителями природной среды, представляющими определенную опасность для флоры и фауны.

В качестве промывочных жидкостей в бурении используется природная вода из ближайших рек, озер или других водоемов (при бурении скважин она становится «технической водой») и глинистый буровой раствор на водной основе, который готовится, как правило, из глинопорозка. Твердая фаза глинистых растворов

представляет собой сложную полидис- персную систему, состоящую из глинистых минералов, частиц кварца и известняка, а также других нерастворимых минералов. В состав такой системы может входить утяжелитель (барит, оксиды железа и др.). Для регулирования реологических, фильтрационных и структурно-механических свойств буровых растворов используется набор специальных химреагентов.

По химической природе наиболее широко применяемые реагенты делятся на неорганические (каустическая сода NaOH, кальцинированная сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , хлористый кальций  $\text{CaCl}_2$ , гипс  $\text{CaSO}_4$ , соль NaCl, хлористый кальций KCl и др.) и органические (нитролигнин, окзил, сульфитспиртовая барда (ССБ), конденсированная сульфитспиртовая барда (КССБ), карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), углещелочной реагент (УЩР), крахмал, гипан, полиакриламид ПАА и др.).

Традиционно используемые в бурении реагенты окзил, КССБ-4 потенциально опасны для биосферы из-за присутствия солей хрома. Нетоксичны следующие реагенты: КМЦ, модифицированная метилцеллюлоза ММЦ, УЩР и др.

В качестве добавок к буровым растворам используются утяжелители: карбонатные (известняк, доломит, сидерит), баритовые, железистые (гематит, магнетит, ильменит), свинцовые (галенит), ПАВ (УФЗ<sub>8</sub>, ОП-10, сульфанол, НП-1, дисолван) и смазочные материалы (СМАД-1, нефть, графит).

В последнее время появились новые химреагенты комплексного воздействия. Например, модифицированный лигно-сульфатно-акриловый реагент АЛС (ОАО «Азимут») предназначен для регулирования свойств бурового раствора в широком диапазоне температур - от 0 до 200 °С. При добавках 0,2- 2,0% способствует разжижению загущенных глинистых растворов. Снижая условную вязкость и СНС в 2-3 раза, реагент одновременно снижает показатель фильтрации на 30-50%. Гив-пан - продукт гидролиза полиакрилонитрильного сырья - применяется в качестве стабилизатора буровых растворов, для проведения изоляционных работ, для нужд заводнения и получения клеящих композиций.

Для контроля качества буровых растворов используются лаборатории. Так, лаборатория буровых растворов ЛБР-3 предназначена для контроля параметров буровых растворов и для определения плотности тампонажного раствора (ОАО «Азимут»), ЛБР-БС (ОАО «Бурсервис») - для контроля параметров бурового

раствора на буровых со сложными геологическими условиями.

Работающие с химреагентами должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты и спецодеждой: костюмами защитными по ГОСТ 12.4.111-82 и ГОСТ 12.4.112-82, перчатками специальными по ГОСТ 12.4.010-75, очками защитными закрытыми по ГОСТ 12.4.013-85. Операторы должны соблюдать правила безопасности. Попавшие на кожу и слизистые оболочки химреагенты и их растворы смываются обильным количеством воды. При работе на скважине в бригаде необходимо иметь аптечку для оказания первой медицинской помощи, не менее 20 л пресной воды, 5 л 3%-го раствора бикарбоната натрия и 5 л 2%-го раствора борной кислоты. При работе с карбамидом следует применять индивидуальные средства защиты (респираторы, резиновые перчатки, защитные очки), а также соблюдать правила личной гигиены, не допускать попадания препарата внутрь организма. Территория вокруг скважины в радиусе 450 м должна быть обозначена знаками безопасности в соответствии с ГОСТ, такими как «Осторожно, высокое давление!», «Осторожно, ядовитые химреагенты!» и др.

Положительным фактом явился запрет на использование нефти в составе промывочной жидкости. Исчезло такое понятие, как буровые растворы на нефтяной основе, хотя нефть используется до сих пор при проведении антиприхватных мероприятий. Взамен нефти в составе БР применяется целый спектр новых смазочных добавок, таких как экологически безопасная смазочная добавка СДБУР, совместимая с большинством рецептур глинистых, малоглинистых и безглинистых буровых растворов, оригинальная рецептура безглинистого раствора на основе отечественных полисахаридных реагентов и комплексообразователя - система РЕОГЕЛЬ и др. За рубежом разработаны и успешно применяются низкотоксичные нефтяные растворы на основе минеральных масел, нефтяных и очищенных нефтей (белая нефть) с низким содержанием ароматических углеводородов.

Для нужд нефтегазовой отрасли ОАО НПО «Бурение» (г. Краснодар) разработало и организовало промышленное производство ряда новых высокоэффективных экологически безопасных реагентов на основе природного сырья. Реагенты исключают необходимость использования нефти и нефтепродуктов при бурении скважин в экологически уязвимых районах Северного Кавказа, Ставрополья, Приобья, Крайнего Севера, а также при бурении на шельфе России. К числу таких реагентов относится солейстая смазочная добавка-ПАВ для буровых растворов ФК 2000 Плюс, предназначенная для обработки пресных и минерализованных буровых растворов с целью снижения вращающего момента и трения бурильного инструмента о стенки скважины и одновременно сохранения естественной проницаемости продуктивного пласта при вскрытии.

По заявке нефтяных компаний разработаны дополнительные модификации: реагент ФК-2000 Плюс А, обладающий повышенными антиприхватными свойствами, и ФК-2000 Плюс М, обладающий пониженной температурой застывания (-23 °С), для северных климатических условий эксплуатации.

Добавка ФК 2000 Плюс эффективно снижает коэффициент трения водных (76,5-79,4%) в концентрации 1-2% и минерализованных NaCl-растворов различной плотности (56-76%). Срок сохраняемости смазочных добавок - не менее 24 месяцев.

С целью качественного вскрытия продуктивных пластов и обеспечения надежной устойчивости глинистых пород, сокращения нарабатываемого раствора применяют экологически безопасные буровые полиалкиленгликолевые растворы - ПАГР, высокоингибированный алюмокалиевый раствор АКАР, синтетический буровой раствор на водной основе РНСО и др. Для ликвидации поглощений используются вязко-упругие составы (ВУС) серии ХИМПАК.

Большинство отечественных и зарубежных исследователей считают, что основная причина прихватов бурильного инструмента заключается в действии перепада гидростатического давления, особенно в суженных участках ствола скважины, а также заклинивании колонны бурильных труб вследствие скопления в стволе скважины шлама в результате недостаточной интенсивности промывки. Для решения данной проблемы в ОАО НПО «Бурение» разработана антиприхватная смазочная добавка Лубри-М, которая является ПАВ для пресных и минерализованных глинистых растворов на водной основе. Экологически чистый химреагент Лубри-М может использоваться при установке

## Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

жидкостных ванн для освобождения от дифференциального прихвата. Применяется ингибирующая смазочная добавка для буровых растворов ФК-1. Для разжижения и улучшения смазочных свойств применяется порошкообразный композиционный реагент ПОЛИГУМ-С. Эффективно применение смазочных добавок в биополимерных ингибирующих системах - буровых растворах ПОЛИБУР и БУРВИС при бурении наклонно направленных скважин и горизонтальных участков скважин.

В связи с использованием нетоксичных буровых растворов можно рекомендовать применение отходов БШ при рекультивации территорий, строительстве кустовых оснований, дорог, складов, засыпке оврагов, под древесно-кустарниковые насаждения, лесопитомники, парки, посадки технических и декоративных культур, для выращивания технической древесины при разбавлении 1:10 чистым грунтом, песком, торфом, древесными опилками и др.

В России и за рубежом практикуется повторное использование бурового раствора, что особенно выгодно при кустовом бурении. В США, например, создана и функционирует сеть специальных баз, где наряду со свежеприготовленными буровыми растворами и порошкообразными материалами хранят отработанные буровые растворы. Причем стоимость их при прочих равных технологических показателях примерно в 2 раза ниже стоимости свежеприготовленных.

Перспективен метод регенерации ОБР путем их распылительной сушки, позволяющий получать из отработанного раствора химически обработанные глинопорошки, из которых вновь можно приготовить качественный буровой раствор. Метод генерации перспективен с экологической точки зрения и экономически целесообразен, особенно для районов Западной Сибири и Севера, где высоки транспортные расходы.

Выбуренная порода по минеральному составу не токсична. Но, диспергируясь в буровом растворе, частицы ее адсорбируют на своей поверхности токсичные вещества и оказывают вредное воздействие на растительный покров, а также поверхностные и грунтовые воды при неограниченном сбросе в отвалы непосредственно на земную поверхность. При этом загрязненные участки на длительный период теряют плодородность. В связи с тем, что буровой шлам токсичен, сброс

его в ОС без предварительного обезвреживания недопустим.

Хозяйственно-бытовые сточные воды на буровых предприятиях образуются в результате деятельности пунктов питания, объектов культурно-бытового и санитарно-гигиенического назначения. По своему объему они составляют незначительную часть общего количества образующихся БСВ.

Образование атмосферных сточных вод связано с атмосферными осадками. Их объемы в значительной мере зависят от природно-климатических условий, а также от длительности процесса строительства скважин и могут достигать в среднем 1,5-8% от общего объема БСВ.

Сбор твердых бытовых отходов необходимо производить в мусоросборники (металлические контейнеры), установленные рядом с кухней-столовой. По мере накопления твердые бытовые отходы должны вывозиться спецтранспортом на специально отведенное место (полигон).

Следует отметить, что существенно осложняется сбор БСВ, ОБР и шлама в районах распространения ММП. Традиционный способ хранения отходов в амбарах-отстойниках в этих условиях непригоден из-за теплового воздействия сточных вод на мерзлые породы.

В процессе освоения скважинная жидкость (нефть) и пластовый флюид в определенных условиях (при отработке скважины) представляют собой отходы процесса освоения, которые должны собираться в специальные передвижные металлические емкости.

В процессе испытания скважины полученную нефть необходимо собирать в емкости с соблюдением правил хранения легковоспламеняющихся жидкостей. Конденсат, накапливающийся при испытаниях скважин, необходимо вывозить с буровой для использования в качестве топлива. Конденсат применяется только после удаления из него летучих компонентов.

При кратковременных испытаниях скважин допускается сжигать газ в факелах при содержании сернистого ангидрида не более 0,5 мг/м<sup>3</sup> и сажи 0,15 мг/м<sup>3</sup>. Сжигание газа, содержащего концентрацию больше вышеуказанных значений, должно производиться при наличии разрешения органов санитарного надзора.

Испытания и освоения скважин должны проводиться при благоприятных метеорологических условиях (направление ветра - от населенных пунктов, отсутствие штилей и штормовых ветров). Время продувки скважин должно быть сведено к минимуму.

Экологическая безопасность процесса строительства скважин обеспечивается:

- организованным сбором всех видов отходов бурения и их

- локализацией в строго отведенном месте;
- переработкой отработанного бурового раствора с разделением его на шлам и воду;
- очисткой загрязненных стоков до нормативного уровня с использованием центрифуги и блока коагуляции-флокуляции;
- использованием очищенной (осветленной) воды в системе замкнутого (оборотного) водоснабжения буровой при условии, что она очищена до параметров, отвечающих требованиям, предъявляемым к оборотной воде. Очищенная техническая вода используется для технологических нужд буровой (приготовление бурового раствора, обмыв оборудования, приготовление пара и т.д.);
- использованием малоопасных химреагентов для обработки бурового раствора;
- накоплением бурового шлама в бункере-накопителе с последующим вывозом шлама на полигон для захоронения.

#### 2.5.2. Требования по защите окружающей среды от загрязнений на буровой площадке

Рабочая буровая площадка является местом размещения БУ, спецтехники при проведении различных технологических операций, жилых вагончиков для питания, отдыха членов буровой бригады и прочего. Под бурение скважины отводится территория площадью от 0,5 до 3,5 га в зависимости от целевого назначения, глубины бурения и типа БУ.

К основным факторам, которые необходимо учитывать при выборе места расположения буровой площадки, относятся: уклон поверхности земли, тип почвенного покрова и литологический состав почвогрунтов, глубина залегания грунтовых вод (особенно пресных), необходимый объем подготовительных работ, в том числе при строительстве на болоте, ММП, наличие охранных территорий и зон, пути миграции животных, значимость растительного покрова, лесов.

Рабочий проект на строительство скважин должен содержать план-схему обустройства земельного участка с расположением инженерных сетей (водопровода, электросети, дорог), бурового и вспомогательного оборудования, бытовых и других помещений, мест сбора отходов бурения (шламовых амбаров), мест снятия и хранения плодородного слоя почвы и места складирования бытовых отходов.

По всему комплексу работ, связанных со строительством скважин, заказчиком является нефтегазопромысловое предприятие. На

основании договора-подряда с заказчиком выполняются:

- подготовительные работы к строительству скважин (демонтаж БУ, транспортировка БУ на новую точку бурения, монтаж БУ). Работу осуществляет специализированное предприятие - ВМЦ или контора;
- строительство скважин, восстановительные работы в отношении земельного участка. Работу осуществляет буровое предприятие.

Перед началом монтажа БУ земельный участок по акту передается ВМК. К акту прилагается план участка со схемой коммуникаций, подъездных путей и утвержденной трассой для перемещения бурового оборудования.

Буровая площадка должна быть расположена на расстоянии не менее 60 м от дорог, магистральных трубопроводов. На берегах рек, сложенных неустойчивыми породами, скважина располагается на берегу, противоположном направлению размыва, не ближе 100 м от берега.

При строительно-монтажных работах на буровой площадке основными источниками выделения загрязняющих веществ являются ДВС, строительно-монтажная техника и автотранспорт, сварочные работы, резка металла, покрасочные работы.

С целью охраны окружающей среды и предупреждения загрязнения почвы и пресных поверхностных и подземных вод на временно отведенной для строительства и ремонта скважин территории необходимо соблюдать следующие требования:

очищение от леса, кустарника, нивелирование (выравнивание) рабочей площадки производить с уклоном 1-2 см на 1 м в сторону дренажного котлована, в котором должна быть размещена емкость для сбора случайно разлитых жидких отходов и ГСМ;

- снятие и складирование плодородного почвенного слоя для повторного использования производить в соответствии с



требованиями ГОСТ 17.4.3.02-85. Срезке не подлежит грунт с содержанием гумуса менее 2%, а также почвы с неудовлетворительными химическими и водно-физическими свойствами. Снятие почвы следует выполнять с помощью бульдозера или скрепера, не допуская при этом смешивания плодородного слоя почвы с минеральным грунтом. Плодородный слой складировается в бурты высотой 4-10 м и общей длиной 180 м с уклоном откоса не более 25-30°. При продолжительном бурении скважины в целях предупреждения ветровой и водной эрозии складированный плодородный слой должен засеиваться многолетними травами. Снятый плодородный слой почвы может использоваться для землевания малопродуктивных угодий;

- строго ограничиваться площадью, отведенной под бурение скважины, а также одной подъездной дорогой к буровой;
- планировку территории производить в соответствии с монтажной схемой БУ с учетом розы ветров;
- строительство земляных амбаров осуществлять в соответствии с проектом;
- жилые, бытовые и административные вагончики располагать на расстоянии, равном высоте вышки плюс 10 м, или не менее 60 м от устья скважины;
- иметь на случай возникновения пожара на буровой емкость объемом 20 м<sup>3</sup> с подведенным к ней трубопроводом, связанным с водоснабжением буровой;
- не загрязнять площадь под буровой и вокруг нее ГСМ, химреагентами и другими сыпучими материалами;
- при бурении под шурф, направление, кондуктор использовать буровой раствор, не обработанный химреагентами;
- обеспечивать отвод выхлопных газов от ДВС в общий коллектор с гидравлическим (водным) затвором. Желательно иметь вертикальную трубу для сбора и рассеивания отработанных газов;
- сбор и вывоз отработанных ГСМ производить в металлических бочках;
- сбор продуктов опробования скважины (нефть и конденсат) осуществлять в специальные емкости, газ сжигать в отводах;
- при передаче буровой в демонтаж очистить всю прилегающую к ней территорию от бурильных и обсадных труб и металлолома, т.е. от всего того, что может оказаться помехой при рекультивации земель на площадке;
- планировку территории после окончания бурения скважин



и рекультивацию земель проводить по существующим нормам и правилам. Если по климатическим условиям эти работы не могут быть выполнены немедленно, срок может быть продлен, но не может составлять более одного года после демонтажа оборудования.

### 2.5.3. Строительство земляных амбаров

Процесс бурения скважины характеризуется наличием больших объемов производственно-технологических отходов в виде БШ, ОБР и БСВ. Строительство земляных амбаров для хранения отходов на период бурения является простым и дешевым способом, особенно если амбары затем становятся местами захоронения отходов. Это возможно только при применении безвредных буровых растворов и сточных вод.

Сбор отходов бурения в земляных амбарах объемом до нескольких тысяч кубических метров требует огромных площадей. Исследования, проведенные на Севере Канады и на Аляске, показали, что примерно на 30% земель имеются нарушения, связанные с содержанием амбаров и отработанных буровых растворов. В большинстве случаев возникают они из-за недостаточных размеров котлованов-отстойников и переполнения их буровыми сточными водами при длительных сроках бурения скважин. Это приводит к растеканию буровых стоков и загрязнению поверхностных и грунтовых вод, а также плодородного слоя почвы.

Строительство земляных амбаров осуществляется с помощью экскаватора или бульдозера и включает в себя следующие работы:

- копка земляных амбаров и желобов для движения жидкостей от скважины к амбарам и между амбарами;
- гидроизоляция дна и стенок амбаров;
- гидроизоляция протоков (желобов) между амбарами и от бурового и насосного блоков к амбарам;
- строительство обваловки из минерального грунта высотой не менее 0,5 м и ограждения.

Количество амбаров и их объемы при строительстве скважин определяются:

- количеством запланированных к бурению скважин на кусте;
- конструкцией и проектной глубиной скважин;
- системой очистки бурового раствора;
- системой сбора и вывоза выбуренной породы.

Для одиночной скважины выкапываются амбары:

- под техническую воду;
- под глинистый раствор;

- под выбуренную породу и отработанные технологические жидкости (амбар отстойный);
- для сбора нефтесодержащих отходов бурения (амбар санитарный).

Размеры амбара зависят от объема отходов. Длина амбара должна соответствовать протяженности циркуляционной системы от механизмов очистки бурового раствора до приемной емкости буровых насосов. В среднем длина амбара составляет 50 м. Ширина амбаров колеблется от 3 до 6 м, глубина - от 1 до 4 м. Глубокие амбары целесообразны, т.к. они лучше поддаются планировке и засыпке.

Для сбора и хранения производственно-технических отходов на буровой должны сооружаться земляные амбары трех видов:

- для сбора выбуренной породы и отработанного раствора;
- для сбора сточных вод и их отстоя после очистки;
- на выкидах превентора.

В случае если почвенно-ландшафтные условия не позволяют иметь амбары трех видов, то разрешается сброс буровых сточных вод и растворов в один амбар, состоящий из двух секций - накопительной и отстойной (рис. 2.6).

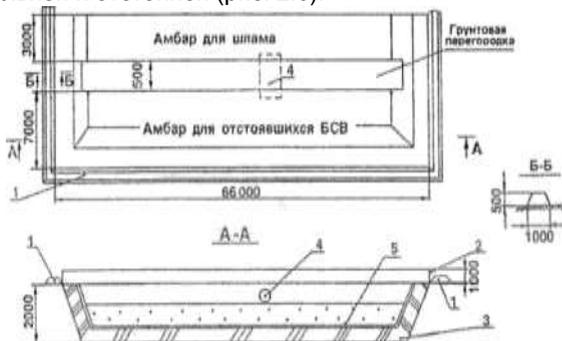


Рис. 2.6. Амбар-накопитель:

- 1 - обваловка амбара; 2 - ограждение; 3 - гидроизоляция дна и стенок амбара; 4 - перепускная труба с заглушкой; 5 - пленочное покрытие

Первая секция, в которую сбрасываются БСВ, ОБР и БШ, является накопительной, а вторая - отстойной, в которую поступает лишь жидкая часть отходов бурения (БСВ и ОБР) и где происходит отстаивание БСВ с целью их повторного использования в системе обратного водоснабжения буровой. Накопительная и отстойная секции амбара соединяются между собой с помощью перепускной трубы с заглушкой.

При строительстве земляных амбаров должны соблюдаться

следующие условия:

1. Отметка дна амбара должна быть на 1,0-1,5 м выше уровня грунтовых вод, а глубина захоронения твердых отходов (в амбаре) - не менее 1 м.

2. Для создания противofильтрационных экранов грунтов могут быть использованы глина, цементно-цеолитовые, цементно-полимерные, цементно-глинисто-полимерные композиции и пленочные материалы, ж/б плиты, битумизированные и кровельные материалы (рубероид и т.д.). В качестве основного гидроизоляционного компонента рекомендуется использовать глину. Толщина глиняной подушки дна и стенок амбара должна быть не менее 10-15 см.

Наиболее эффективными являются технологии гидроизоляции путем укладки пологов из безанкерного (РД 39-0147585-077-92) и армированного (РД 39-0147585-089-93) полиэтилена (рис. 2.7, 2.8). Гидроизоляцию дна и стенок земляных амбаров необходимо проводить согласно требованиям РД 39-147785-149-97.

В скально-трещинных и щебенчатых грунтах гидроизоляцию амбаров осуществляют укладкой пологов в два слоя: сначала - подложка для защиты полиэтиленового полога от про-

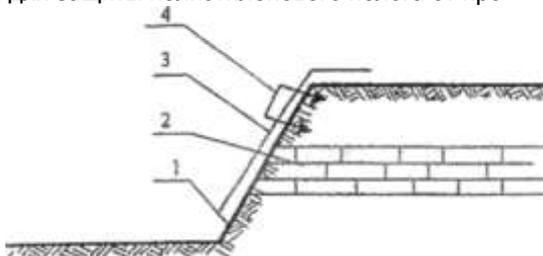


Рис. 2.7. Схема заделки штормки на стенках амбара:  
1 - стенка амбара; 2 - прослойка грунта; 3 - штормка;  
4 - скоба металлическая

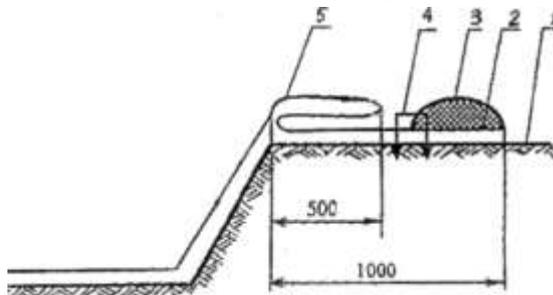


Рис. 2.8. Схема крепления полога на бровке амбара:  
1 - поверхность земли; 2 - край полога; 3 - грунт для пригрузки;

## Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

4 - скоба металлическая; 5 - гофра для припуска калывания на острых углах камней, затем - полог из полиэтиленового материала.

3. Заполнение амбара отходами бурения должно осуществляться не ранее, чем через 24 часа после нанесения гидроизоляционного экрана и его затвердения.

4. По завершении работ на гидроизоляцию земляных амбаров составляется акт с участием представителя заказчика, подрядчика и организации, производившей работы.

При эксплуатации гидроизолированный земляной амбар требует постоянного контроля за качеством крепления пологов к бровке амбаров. Обнаруженные дефекты должны быть устранены. Не допускается засорение гидроизоляционного земляного амбара посторонними, в т.ч. металлическими, предметами, направление струй из шлангов и труб на материал полога. Во избежание обледенения и порыва полога в холодное время года не рекомендуется снижать уровень жидкости в амбарах.

### 2.5.4. Контейнерный способ сбора отходов

Наиболее перспективным, с экологической точки зрения, является безамбарный (контейнерный) способ сбора и хранения технологических отходов, когда применяется система замкнутого цикла очистки ОБР и БСВ на центрифуге и блоке флокуляции. Этот способ предусматривает сооружение сборно-разборных металлических или железобетонных емкостей для хранения ОБР и БСВ и специальных металлических контейнеров для сбора бурового шлама с последующим его вы



возом на места его захоронения или утилизации.

Циркуляционная система БУ оборудуется блоками приготовления, хранения и очистки бурового раствора, увязанными в единую систему, состоящую из металлических емкостей.

Загрязненная вода с площадок бурового, агрегатного, насосного блоков, системы приготовления и очистки буровых растворов поступает в блок сбора сточных вод, который состоит из 4-5 емкостей по 40 м<sup>3</sup>, заглубленных под уровень переточных труб. Отстоявшаяся вода из емкостей насосом ИГР 250/50 подается в напорную емкость, откуда по системе трубопроводов поступает к местам потребления для повторного использования.

Для сбора всех загрязнителей в подвышенном основании рекомендуется применять разъемный поддон, изготовленный из листовой стали (над превентором на расстоянии 1,5 м от пола бурового основания), с бортом по периметру высотой 0,2 м. Дизельные помещения, технологические емкости, буровые насосы и прочие агрегаты должны иметь металлический пол со стоком в общий поддон подвышенного основания. Контейнеры закрытого типа для накопления твердых отходов должны быть приспособлены для транспортировки и удобными для загрузки и разгрузки шлама.

Контейнеры должны располагаться на бетонированной площадке, сооруженной рядом с блоком очистки и оборудованной погрузочно-разгрузочными механизмами. Шлам транспортируется к местам захоронения на самосвалах. Эффективность работы достигается при использовании 10 контейнеров объемом по 1 м<sup>3</sup> каждый.

Преимущество контейнерного способа сбора отходов заключается в уменьшении размеров земляного отвода (с 3,5 до 1,85 га), резком снижении интенсивности загрязнения, применении бессточной системы канализации стоков, уменьшении потерь воды (свежая вода необходима только для восполнения безвозвратных потерь) за счет создания замкнутой системы водопотребления, применении герметизированной системы сбора и хранения отходов, повторном использовании осветленной воды, а иногда безвредном возвращении ее в природу после завершения строительства скважины.

При строительстве скважин в природоохранной зоне основным природоохранным мероприятием является использование контейнерного метода сбора отходов бурения. В связи

с этим возникает вопрос о складировании отходов бурения в централизованном накопителе за пределами границ зоны.

Следует подчеркнуть тот факт, что на стадии поисковых работ, когда неизвестны геологические параметры, экономически и экологически оправдано временное использование амбарной технологии сбора отходов бурения с последующей ликвидацией земляных амбаров. Внедрение бурения скважин малого диаметра обеспечивает широкое использование контейнерной технологии, что резко снижает объемы отходов, а значит, и загрязнение природных ресурсов, повышает экологическую безопасность.

### 2.5.5. Расчет отходов бурения

Объемы отходов бурения зависят от многих факторов. Их знание необходимо для правильного выбора необходимого комплекса очистки отходов и способов хранения, природоохранных мер.

При строительстве скважины образуются твердые отходы (БШ) и жидкие (ОБР+БСВ). Единой методики расчета отходов бурения нет, т.к. условия бурения и очистки циркуляционной системы БУ разные. Разные также способы сбора и утилизации буровых отходов.

1. *Объем выбуренной породы.* Он складывается из объемов пород по интервалам бурения: под направление под кондуктор под *i*-тую обсадную колонну под

$$V_n = 0,785 D_n H_n; V_k = 0,785 D_k^2 H_k; V_3 = 0,785 D^2 H^3$$

$$V_{3k} = 0,785 D_{3k}^2 H_{3k}, \text{ где } D_n,$$

$D_k, D_3$  - соответствующий диаметр скважины (диаметр долота), м;  
 $H_n, H_k, H_3, H_{3k}$  - длина интервала бурения, м.

$$\text{Общий объем выбуренной породы (м}^3\text{)} v_n = v_n + v_k + v_3 + v_{3k}$$

2. *Объем бурового шлама.* Буровой шлам отличается от выбуренной породы тем, что он размельчен и пропитан буровым раствором с химреагентами, вследствие чего его объем увеличивается за счет разбухания. При расчете необходимо учитывать и другие факторы, способствующие увеличению или уменьшению объема шлама. Образование шлама зависит от геологической характеристики горных пород, гидрофильное-

эксплуатационную колонну



ти, физико-химических свойств пород и бурового раствора, типа применяемых долот, способа и параметров режима бурения и т.д. и определяется по формуле  $v_m = K_1 K_2 K_3 K_4 v_n$ ,

где  $K_1$  - коэффициент разрыхления и размокания породы; он зависит от прочности, пластичности и других деформационных свойств разбуриваемых пород, а также от фильтрационных свойств раствора и изменяется в пределах 1,1 -1,5. При минимальных значениях водоотдачи раствора  $K_1$ , минимален;

$K_2$  - коэффициент уширения ствола скважины; он зависит от упругости, ползучести пород, а также от коллоидно-химических и структурно-механических свойств раствора и изменяется в пределах 1,06-1,15;

$K_3$  - коэффициент перехода выбуренной породы в буровой раствор; он зависит от химического, петрографического и минералогического состава, набухаемости пород, применяемого типа долот, режима бурения и параметров раствора и изменяется в пределах 0,3-0,9;

$K_4$  - коэффициент, учитывающий реологические свойства бурового раствора, изменяется в пределах 1,17-1,20.

3. *Объем отработанного бурового раствора.* Определяется из расчета 50% от объема исходного и наработанного бурового раствора по формуле

$$V_{OSP} = 0,5V_{K5} + 0,5V_4,$$

где  $K_5$  - коэффициент, учитывающий потери бурового раствора, уходящего со шламом при очистке на вибросите, пес- коотделителе и илоотделителе,  $K_5 = 1,052$ ;

$V_u$  - объем циркуляционной системы БУ, м<sup>3</sup>; определяется в соответствии с табл. 2.5.

4. *Объем буровых сточных вод.* При внедрении оборотной системы водоснабжения он рассчитывается по формуле

Таблица 2.5

**Объемы циркуляционной системы**

Глубина бурения, м	ТипБУ	Полезный объём циркуляционной системы, м <sup>3</sup>
2000	БУ - 2000	90
2500	БУ-2500	90
3000	БУ - 3000	120
4000	БУ - 4000	150
5000	БУ - 5000	180
6000	БУ - 6000	240



Таблица 2.6

**Сравнение расчетных формул**

№	Наименование методики	Расчётные формулы
1	РД 39-133-94	$V_{ui} = 1,2 V_n V_{OBP} = 0,5 V_n K_5 + 0,5 V_u V_{BCB}$ $= 2 V_{OBP}$ $V_{ША} = 1,1(V_m + V_{OBP} + V_{BCB})$
2	РД 51-1-96	$Y_i = 1,2 V_n$ $V_{OBP} = 0,25 V_n K_5 + 0,5 V_u$ $V_{BCB} = 0,25 V_{OBP}$ $V_{UIA} = 1,1 (V_{ui} + V_{OBP} + V_{BCB})$
3	Скорректированная методика, применяемая в Западной Сибири	$V_{UI} = 1,2 V_n 1,1 K_5 V_{,}, V_{OBP} = 0,5 V_n K_5 + 0,5 V_{IC}$ $V_{BCB} = 0,5 V_{OBP}$ $V_{ША} = 1,1(V_m + V_{OBP} + V_{BCB})$

$$V_{BCB} = 0,5 V_{OBP}$$

5. *Объем шламового амбара.* Он рассчитывается с учетом запаса на случай переполнения амбаров по формуле

$$V = 1,1 (V_{UI} + V_{OBP} + V_{BCB})$$

Существующие методики расчета отходов бурения разнятся между собой наличием различных коэффициентов. Для анализа различных подходов к расчету объемов отходов бурения сведем расчетные формулы в табл. 2.6.

Из табл. 2.6 видно, что методики оценки объемов отходов бурения предусматривают использование эмпирических формул, которые весьма упрощены и разнятся между собой коэффициентами.

Наиболее приемлемой для практических целей по точности и достоверности результатов является методика, базирующаяся на учете всех факторов, оказывающих влияние на объемы образующихся отходов бурения. Исходной информацией для расчетов объемов бурового шлама (БШ) и отработанного бурового раствора (ОБР) служат геолого-технический наряд, режимно-технологическая карта и регламенты на буровые растворы.

Весьма целесообразна разработка удельных нормативов для конкретных площадей разбуривания с учетом буровой техники, способа бурения, техники очистки и сбора отходов бурения и прочего.

При строительстве скважин по малоотходной технологии



бурения необходимо учитывать образование ОБР при цементировании кондуктора и разбуривании цементного стакана в нем, а также при освоении скважины. Шлам, поступающий с вибросит и центрифуги в бункер-накопитель, представляет собой пастообразную массу с влажностью порядка 60-80%. Со шламом в накопитель может поступать незначительное количество бурового раствора (около 5% от объема) или ОБР и БСВ (около 10-15%). Поскольку жидкая фаза ОБР и БСВ с помощью блока коагуляции и центрифуги очищается до требуемой кондиции и используется повторно для технологических целей (для приготовления бурового и тампонажного растворов, в качестве буферной жидкости, для приготовления жидкости глушения или перфорационной жидкости, для мойки бурового оборудования и т.п.), они уже не являются отходами бурения. Учитывая, что объемы буровых отходов уменьшаются (приблизительно в 2 раза), то и количество рейсов самосвалов (КрАЗ, «Татра» и «Урал») для вывоза шлама на ближайший полигон для утилизации также уменьшается вдвое.

Отходом при бурении скважин буровыми установками с дизельным приводом является отработанное моторное масло от дизелей. Сбор отработанного масла необходим для дальнейшей его регенерации на НПЗ или малых установках, иногда приобретаемых буровыми предприятиями. Объем отработанного масла определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{н}} = 0,001 \text{ qNT},$$

где q - суточный объем отработанного масла одной БУ, кг/сут;

N - количество работающих БУ;

T - продолжительность работы БУ, сут.

*Пример.* Определить объем отработанного масла для БУ «Уралмаш - ЗД». Суточный расход отработанного масла 10,6 кг/сут. Одновременно работают три БУ (в течение года). Полный объем отработанного масла

$$V_{\text{м}} = 0,001 \times 10,6 \times 3 \times 365 = 11,7 \text{ т/год}.$$

## 2.5.6. Осложнения и аварии

Бурение скважины - это, с экологической точки зрения, глубокая рана в земле. Если в скважине происходят осложнения и аварии, то процесс воздействия на природу усугубляется.

Несмотря на то, что осложнения считаются ожидаемой ситуацией и для их преодоления предусмотрены технологические приемы, иногда они переходят в категорию аварий. Аварией считают нарушение непрерывности технологического процесса сооружения скважины, требующее для его ликвидации проведения

Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ  
специальных работ, не предусмотренных техническим проектом.

Основными причинами возникновения осложнений являются факторы, которые можно условно разделить на три категории - горно-геологические, технико-технологические и организационные. Также на три основных разряда делятся и средства предупреждения осложнений. Первые подразумевают правильный выбор конструкции скважины, режимов, способов бурения и применяемого оборудования; вторые - грамотный подбор бурового и тампонажного растворов, их свойств и параметров, а также оперативное регулирование их использования; третьи - постоянный технологический и геофизический контроль состояния ствола скважины с применением методов прогнозирования.

Наиболее часто возникают такие осложнения, как поглощения бурового промывочного и тампонажного растворов, газо-, нефте- и водопроявления, осыпи и обвалы стенок скважины, затяжки и посадки бурильного инструмента, образование желобных выработок.

Обычно такие ситуации возникают из-за халатного отношения производителей буровых работ или из-за их низкой квалификации. В ряде случаев, особенно при бурении первых разведочных скважин, аварийные ситуации возникают из-за недостаточной изученности вскрываемого скважинного разреза горных пород.

В процессе бурения скважин даже без нарушения технологии происходит поступление буровых растворов в поглощающие горизонты, а также проникновение фильтрата растворов в околоскважинное пространство. Поглощение раствора - основной вид осложнений, занимающий до 80% затрат времени на осложнения. В среднем затраты на ликвидацию осложнений в общем балансе времени по Урало-Поволжью составляют 8,7%.

Поглощение бурового раствора происходит тогда, когда давление в пласте меньше давления столба жидкости в скважине или когда при бурении скважины встречается сильно кавернозный пласт. Для предупреждения гидроразрыва пород и поглощения бурового раствора ограничивают скорость спуска бурильного инструмента и обсадных колонн до 1,4 м/с.

Внешними признаками поглощения являются:

- убыль раствора из приемной емкости (потеря циркуляции).
- Для распознавания снижения объема жидкости необходимо в приемной емкости устанавливать уровнемер со звуковой и световой сигнализацией;
- «провалы» бурильного инструмента из-за наличия каверн в пласте;
  - увеличение механической скорости бурения;

- увеличение крутящего момента (определяется по роторному моментомеру).

Борьба с поглощениями сводится к уменьшению давления на забое скважины за счет снижения плотности бурового раствора или к ликвидации проницаемости зоны поглощения путем закупорки ее инертным наполнителем (резиновой крошкой, подсолнечной, рисовой шелухой, кордовым волокном, целлофановой стружкой и др.) и закачки в зону поглощения тампонирующих смесей, паст, гелей. В последнее время для зон катастрофического поглощения используется создание прочного каркаса намывом тяжелых наполнителей (щебень, песок) с помощью автобетонного комплекса.

При бурении глубоких скважин нельзя исключить возможность ГНВП и грифонообразования (прорыв пластового флюида на дневную поверхность вне ствола скважины). Это серьезный вид осложнений при бурении нефтяных и газовых скважин. ГНВП нередко заканчивается возникновением нерегулируемых фонтанов пластовых флюидов, что приводит к гибели скважин и бурового оборудования, потерям углеводородного сырья и к загрязнениям почвы, земли, воды, атмосферы, растительности.

Особенно опасны аварии при бурении газовых скважин с АВПД. Газовые выбросы, как правило, влекут за собой самовозгорание газовых фонтанов, образование провальных воронок. Например, в 1961 г. при бурении параметрической скважины в районе п. Порт-Артур при забое 690 м во время подъема инструмента произошел выброс газа, глинистого раствора и обломков горной породы. Газовый горизонт был приурочен к плиоценовым отложениям, расположенным значительно выше забоя скважины. Свободный дебит газа превысил 1 млн м<sup>3</sup> в сутки, высота фонтана - более 50 м. В результате выброса образовалась воронка диаметром 70 м, которая очень быстро, за 9 часов, поглотила буровой станок УЗТМ-ЗД и вышку ВМ-42.

В 1987 г. в северной части Прикаспийской впадины на месторождении Карачаганак в процессе бурения эксплуатационной скважины при забое 3995 м начались активные газопроявления. 7 мая был ликвидирован газоводяной фонтан, 11 мая - газопроявления. Но уже 16 мая в 1,5 км северо-восточнее устья на дневной поверхности образовался газовый грифон.

Основной мерой предупреждения ГНВП является поддержание плотности бурового раствора, при которой гидростатическое давление в скважине превышает пластовое на 2-15%. Вскрытие пластов с АВПД, насыщение бурового раствора газом в процессе бурения или простоя, низкая трудовая и производственная

## Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

дисциплина членов буровой бригады являются основными причинами возникновения открытых фонтанов. Повышение уровня бурового раствора в приемных емкостях при ГНВП должно контролироваться уровнемерами, например, ультразвуковым сигнализатором уровня СУР-3, СУР-5, СУР-6, ДУУ2М, ДУУ5 и др. (ЗАО «Альбатрос»), УЗС-М400 (НПО «РИ-ЗУР», г. Рязань).

Учитывая опасность и последствия от ГНВП, буровой мастер не реже одного раза в месяц обязан проводить учебные тренировки согласно «Инструкции по первичным действиям членов бригад при возникновении газонефтепроявлений и открытого фонтанирования скважин». Кроме того, в случае появления первых признаков ГНВП необходимо строго соблюдать технологию ликвидации ГНВП в различных горно-геологических условиях согласно РД 39-0147009-544-87.

В целях герметизации устья скважины при возможных ГНВП скважина оборудуется превенторной установкой, обвязку которой выполняют по утвержденной схеме, согласованной с органами Ростехнадзора и военизированной частью по предупреждению и ликвидации нефтяных и газовых фонтанов.

Обвалообразование, шламовые пробки, затяжки и посадки при подъеме бурильного инструмента могут привести к прихватам, которые иногда квалифицируются как аварии. Это непредвиденный процесс, возникающий при сооружении скважин и характеризующийся потерей поперечной или продольной подвижности колонны труб, которая не восстанавливается даже после приложения к ним максимально допустимых нагрузок (с учетом запаса прочности). Наибольшее число обвалов происходит в неустойчивых глинистых и гипсовых породах из-за их способности быстро набухать и терять устойчивость под действием фильтрата промывочной жидкости. Иногда это ведет к ликвидации скважин.

Основные способы ликвидации прихватов - это снижение уровня раствора в скважине, применение жидкостных ванн, механическое, гидромеханическое и другие виды импульсных воздействий, обуривание труб, а также установка моста и зарезка второго ствола.

Осложнения и аварии, связанные с образованием желобных выработок в наклонно-направленных скважинах, часто не позволяют пробурить скважину до проектной глубины, а в исключительных случаях приводят к необходимости ее ликвидации. Для предупреждения и ликвидации желобообразования используют специальный инструмент (райберы) и эксцентричные забойные устройства.

### **2.5.7. Цементирование колонн**

Одной из ответственных экологических задач при строительстве скважин является качественное цементирование затрубного пространства. Оно проводится с целью защиты обсадных колонн от агрессивного воздействия жидких флюидов или газа на металл, а также устранения возможности перетоков их из одного пласта в другой или в атмосферу. Учитывая, что после цементирования скважина будет эксплуатироваться десятилетиями, к качеству конструкции, герметичности и прочности обсадных колонн, а также качеству их крепления, особенно к газовым и газоконденсатным скважинам, предъявляются высокие требования.

Перед цементированием скважины проводится подготовка ствола скважины: полный вынос шлама из вертикальных и наклонных участков скважины, обеспечение устойчивости стенок скважины (особенно в соленосных и терригенных отложениях) и прочее. Колонна должна быть оснащена заколонными техническими средствами (центраторами, вращателями потока, скребками, турбулизаторами и т.п.) для обеспечения соосности колонны и скважины.

Качественное крепление нефтяных и газовых скважин до



сих пор представляет собой важную и трудно разрешаемую проблему. Основными осложнениями при креплении скважины являются:

- недоподъем тампонажного раствора;
- межпластовые перетоки;
- флюидопроявления;
- недоспуск обсадных колонн.

Межпластовые перетоки, затрубные проявления являются результатом негерметичности цементного кольца по различным причинам. Положение усугубляется при креплении наклонных, горизонтальных скважин, строительстве боковых стволов.

Для обеспечения герметичности заколонного пространства в зоне контакта «цементный камень - обсадная труба» и «цементный камень - порода» должно развиваться определенное давление со стороны камня. Поэтому герметичность скважин в большей степени зависит от объемных изменений цементного камня при его твердении. Этого можно достичь применением тампонажных смесей, способных расширяться в процессе структурообразования.

Расширяющийся тампонажный материал (РТМ) на основе расширяющих добавок различных типов (ДР-20, ДР-50, ДР- 80, ДР-100) применяется в диапазоне температур 20-140 С и обеспечивает расширение тампонажного раствора в пределах 8-15%. Одновременно в 2-3 раза повышается прочность контакта цементного камня с обсадной колонной и стенками скважины, повышается прочность и снижается газопроницаемость цементного камня. РТМ хорошо сочетается с реагентами, снижающими водоотдачу. При этом реологические свойства тампонажного раствора хорошо регулируются применяемыми реагентами-замедлителями, пластификаторами и стабилизаторами.

С целью снижения гидродинамической нагрузки на пласты, склонные к поглощениям, при цементировании верхних интервалов обсадных колонн применяют облегченные тампонажные растворы на основе алюмосиликатных полых микросфер (АСПМ) плотностью 1,22-1,24 г/см<sup>3</sup>. АСПМ являются продуктом сгорания топлива в ТЭЦ или других производств и представляют собой водную суспензию золы тепловой электростанции. Минералогический состав представлен преимущественно SiO<sub>2</sub> - 54,4%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 25,1%.



Большое внимание при бурении скважин уделяется вопросам сохранения коллекторских свойств пластов, т.е. закачивание скважин должно производиться без загрязнения продуктивных пластов с подъемом тампонажного раствора на максимальную высоту за обсадной колонной для обеспечения надежной герметичности заколонного пространства. Такие требования в большинстве случаев можно обеспечить лишь применением облегченных цементов, добавляемых непосредственно на буровой.

Применение АСПМ предотвращает возможность гидроразрывов пластов и поглощения тампонажного раствора, снижает проникновение фильтрата раствора в пласт. При высоких скоростях продавки облегченный раствор на основе АСПМ, имеющий небольшую абразивность, движется в интервале открытого ствола в турбулентном режиме, что позволяет активно очищать заколонное пространство от остатков бурового раствора и рыхлой части глинистой корки.

Известен также перспективный тампонажный состав - цемент ООО «Дюкеркофф - Сухой Лог» марки G, унифицированный в соответствии со стандартом API ПЦТ IG-CC-1.

Для выполнения операций по цементированию скважин, приготовлению тампонажных растворов и других технологических жидкостей можно использовать комплекс СИН35.10 УНБ2-800Г63 ГОСТ 28922-91, общий вид которого показан на рис. 2.9.

Комплекс состоит из насосного блока, узла приготовления тампонажных растворов, узла осреднения и рециркуляции, системы контроля и управления. Особенностью данного комплекса является возможность использования его не только для



Рис. 2.9. Комплекс для цементирования скважин СИН35.10

выполнения отдельных операций при строительстве и освоении скважин, но и при капитальном ремонте скважин, проведении гидравлического разрыва пластов и гидропескоструйной перфорации (см. раздел 2.6.2). Комплекс выпускается заводом

Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ  
нефтегазового машиностроения «СИНЭНЕРГИЯ», г. Пермь.

Заключительным этапом цементирования скважин является проверка качества проведенного процесса. Для этого проводится опрессовка (проверка на герметичность) обсадной колонны, колонной головки и зацементированного пространства.

Несмотря на стремление к качественному цементированию нарушение герметичности крепи происходит как на начальных стадиях твердения тампонажных композиций, так и в более поздние сроки. К нарушению герметичности цементного камня могут привести геологические, технические, технологические и другие факторы. В результате этого каналы (трещины), образовавшиеся в цементном камне либо в контактных зонах «цементный камень - обсадная колонна» и «цементный камень - горная порода», служат проводниками пластовых флюидов.

Причинами потери герметичности колонн в процессе эксплуатации скважин являются:

- электрохимическая коррозия наружной поверхности обсадных труб. Для предотвращения коррозионного разрушения проводится цементирование колонны до устья скважины (например, с использованием облегченного цемента «Сфероцем»). Применяются также катодная защита и защитные покрытия труб;

- нарушения состояния обсадных колонн. Так, на Северо-Варьеганской площади в Западной Сибири были отмечены порывы колонн в 79 скважинах, что составляет 74,5% от общего их количества;

- усадочные деформации (до 2-4%) при твердении цемента в условиях замкнутого объема, каким является межколонное пространство в виде каверн. Добавка в цемент комплексной соли ( $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ ) обеспечивает ускорение твердения и расширение цементного камня;

- гидромеханические нагрузки на цементный камень циклического характера от работы скважины в процессе добычи нефти и при воздействии различных методов увеличения нефтеотдачи пластов. Существуют различные способы повышения сопротивляемости тампонажного камня динамическим нагрузкам (расширяющиеся тампонажные цементы, применение армирующих волокнистых материалов и прочее);

- заколонные перетоки при разрушении цементного камня в процессе эксплуатации, различных работ по ремонту и освоению скважины, перфорации. Разрушение камня происходит в основном за счет воздействия на него агрессивных компонентов (сероводород, углекислый газ, пластовое микробное сообщество и др.). Диффузия агрессивных ионов внутрь камня приводит к

выщелачиванию  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , сопровождающемуся гидролизом и растворением твердой фазы с образованием рыхлого слоя.

Для оценки качества цементирования тяжелых и легких цементов и пеноцементов можно рекомендовать прибор Isolation Scanner (фирма «Шлюмберже»). Кроме того, с помощью прибора можно определить наличие микроканалов в цементном камне, получить информацию об эксцентриситете обсадной колонны, измерить внутренний диаметр труб и их толщину, т.е. выявить коррозию или износ труб, вызванный бурением скважины.

### 2.5.8. Загрязнение водных ресурсов

Бурение нефтяных и газовых скважин характеризуется значительным водопотреблением. Расход воды на одну буровую в среднем составляет 100-120 м<sup>3</sup>/сут. На проходку 1 м ствола скважины расходуют от 1 до 6 м<sup>3</sup> нормативно чистой воды. Объем сточных вод при этом изменяется от 25 до 40 м<sup>3</sup>/сут. Вода расходуется на приготовление буровых растворов, химических реагентов, цементного раствора, пара для обогрева буровой, обмыв оборудования и рабочих площадок, освоение скважин и др. В зависимости от гидрогеологической характеристики района, в котором ведутся буровые работы, источниками водоснабжения могут быть открытые водоемы - пресноводные озера, реки, моря; в ряде регионов страны важным (а иногда и единственным) источником водоснабжения буровых являются подземные воды.

Наиболее водоемкие операции - приготовление необходимого объема бурового раствора, бурение с промывкой водой, борьба с поглощениями и авариями, работа основного бурового оборудования.

В результате выполнения большого объема бурения разведочных и эксплуатационных скважин поверхностные воды (водотоки, водоемы, водохранилища) могут подвергаться интенсивному загрязнению. Основными потенциальными загрязнителями поверхностных вод являются:

- буровые и тампонажные растворы;
- БСВ и шлам;
- подтоварные и пластовые минерализованные воды, извлекаемые совместно с нефтью и газом;
- нефть и нефтепродукты;
- продукты испытания скважины;
- хозяйственно-бытовые сточные воды.

Основными мероприятиями по рациональному использованию и охране поверхностных ресурсов от загрязнений являются:

## Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

- организация системы учета забора свежей воды в соответствии с нормативными требованиями;
- создание надежного грунтового обвалования с хорошей гидроизоляцией буровых и рабочих площадок, исключающего попадание загрязненных стоков в поверхностные водные объекты;
- оборудование замкнутой системы водоснабжения с целью снижения объемов сточных вод. Например, охлаждение дизелей, использование воды в гидротормозе буровой лебедки и другого оборудования позволяет сократить расход чистой воды для технических целей на 20-40%;
- повторное использование очищенных сточных вод на технологические операции (обмыв механизмов системы очистки буровых растворов, рабочих площадок при СПО, опрессовка обсадных и бурильных труб, приготовление буровых растворов и др.);
- организация многоступенчатой системы очистки буровых растворов (двух-четырёх ступенчатой);
- использование бурового раствора и БСВ для бурения других скважин;
- недопущение сброса неочищенных БСВ в поверхностные воды. Очистка должна осуществляться физико-химическими (реагентная коагуляция) и механическими (отстой, фильтрование и т.д.) методами. Например, очистку БСВ можно производить электрокоагуляционной установкой «ЭХО».

При попадании нефти или нефтепродуктов в озера, реки мясо рыб принимает специфический запах и привкус (содержание нефти в воде выше  $100 \text{ мг/м}^3$ ), не устранимые ни при какой термической обработке.

Загрязнение грунтовых и подземных вод может происходить:

- «сверху» за счет фильтрации нефтепродуктов, загрязненных сточных вод вследствие низкого качества гидроизоляции шламовых амбаров, с территории технологических площадок;
- «снизу» в результате проникновения загрязняющих веществ при порыве кондуктора, эксплуатационной колонны, за счет перетоков пластовых вод, нефти, газа из-за некачественного цементного камня за колонной;

при бурении скважин за счет повреждения источника подземных вод путем насыщения его технической водой, глинистым раствором с химреагентами; при качественном цементировании обсадной колонны временное загрязнение чистого источника прекращается;

- закачиваемой водой в системе ППД.

Иногда грунтовые воды могут находиться недалеко от по-

верхности земли (1-1,7 м) и отдельные участки могут заболачиваться вплоть до выхода их и слияния с поверхностными водами (например, озера, водохранилища). Это обстоятельство предъявляет повышенные требования к выбору буровых площадок поисковых и разведочных скважин, их гидроизоляции, защите от паводковых вод. Особое внимание должно уделяться конструкции, глубине заложения и типу проти-вофильтрационного экрана земляных амбаров-накопителей отходов бурения.

Горизонты, содержащие пресные воды, перекрываются обсадными колоннами (направление, кондуктор) с подъемом цементного раствора до устья скважины. Эксплуатационной колонной перекрываются все нефтеводонасыщенные горизонты. Тампонажный раствор за эксплуатационной колонной поднимается с перекрытием ранее спущенной колонны на 100 м.

Для исключения загрязнения подземных вод необходимо:

- применять экологически чистые или малоопасные химические реагенты;

- использовать промывочные жидкости на водной основе с малым содержанием твердой фазы;

- вскрытие пласта осуществлять по плану с комплексом мероприятий по предотвращению ГНВП.

Следует отметить, что наиболее подвержены загрязнению пресные грунтовые и сравнительно неглубоко залегающие напорные воды, используемые как для питьевых, так и для хозяйственно-бытовых и технических целей. Пресные подземные воды сконцентрированы главным образом в верхней части земной коры, в зоне активного водообмена на глубинах до 150-200 м, редко глубже.

По масштабу влияния на водоносные горизонты выделяются локальные и региональные загрязнения подземных вод. Под локальным источником загрязнения (шламовые амбары) формируется контур загрязнения подземных вод, формы и размеры которого в плане, а также проникновение в глубину водоносного горизонта изменяются в широких пределах и зависят от интенсивности и характера поступления загрязнений (постоянное, периодическое), химического состава, плотности и вязкости загрязненных вод, литологического строения. Под действием многочисленных локальных источников, совокупность которых обуславливает площадный характер загрязнения, оно становится региональным. Такое загрязнение характерно для крупных нефтегазовых месторождений, особенно с интенсивной сеткой разбуривания скважин.

Подземные воды по сравнению с поверхностными в целом

#### Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

лучше защищены от загрязнения, так как водоносный горизонт перекрыт более или менее мощной толщей почвы и пород. Однако если покрывающая толща водопроницаема и имеет небольшую мощность, то инфильтрирующиеся с поверхности загрязненные воды довольно быстро проникают в водоносный горизонт и загрязняют его.

Наиболее негативными загрязнителями подпочвенных и подземных вод являются нефть и нефтепродукты, а также ПАВ, которые легко проникают в воды. К числу опасных и значительных по масштабам загрязнения пресных вод относится «скрытое» загрязнение геолого-гидрологической среды вследствие перетоков из глубоких горизонтов высокоминерализованных вод. Процесс может длиться многие годы после некачественной проводки, крепления или ликвидации скважин. Вскрытые пласты могут сообщаться между собой через законное пространство, и могут происходить перетоки вод, нефти и газа, в основном снизу вверх. При этом загрязнение подземных вод может распространяться на расстояние до 20- 30 км от источника загрязнения, создавая угрозу для питьевого водоснабжения. Ярким примером служит загрязнение питьевых вод на территории Татарстана, в результате которого жители многих населенных пунктов вынуждены пользоваться привозной питьевой водой.

Основным нормативно-техническим документом по охране поверхностных и подземных вод от загрязнений нефтью и нефтепродуктами является ГОСТ 17.1.3.05-82.

Загрязнение, засорение, истощение поверхностных и подземных вод, нанесение существенный урон рыбным запасам, сельскому хозяйству, растительному и животному миру, наказываются штрафом в размере от 100 до 200 минимальных размеров оплаты труда.

### 2.5.9. Загрязнение почв

Из всех геофизических сред особое место в биосфере занимают почвы, в наибольшей степени обеспечивающие биологическую продуктивность биосферы и в то же время подвергающиеся наибольшему антропогенному воздействию и являющиеся одним из опасных звеньев циркуляции загрязняющих веществ.

В процессе сооружения скважин, при прокладке подъездных путей, строительстве земляных амбаров, отстойников и т.п. нарушается поверхностный слой плодородных земель, растительный и лесной покров вследствие механического на-

рушения почвенного покрова на территории землеотвода. Например, при транспортировке крупных блоков БУ с одной точки бурения на другую мощными тракторами и тяжеловозами перепахивается верхний слой земли, сдирается растительность на всем пути следования. При передвижении блоков на расстояние 15 км на площади 10 га гибнет растительность, появляются пески и т.п. Особенно ранима тундра. Каждый рейс только автомашины по бездорожью в тундре летом приводит к протаиванию грунтов, проявлению термокарста, в результате которого образуются провалы, ямы, заполненные водой, и так называемые развеваемые пески. При этом вездеход и тем более автомашина не может второй раз пройти по проложенной колее, поэтому тундровые земли покрыты многочисленными колеями. Уменьшить нарушения поверхности тундры в летний период позволяет использование автомобилей на шинах арочного профиля, болотоходов (с малым удельным давлением на почву) и машин на воздушной подушке.

В целях снижения изъятия земельных ресурсов рекомендуется соблюдение следующих положений:

- отвод земель в краткосрочное или долгосрочное пользование под производственные объекты исходя из минимально необходимых размеров площадных и линейных объектов;
- сокращение площадей изъятия земель путем сокращения числа буровых площадок за счет использования наклонно-направленного и кустового бурения, системы коридорной прокладки линейных коммуникаций;
- использование под объекты обустройства уже нарушенных или малоценных земель;
- передвижение автотранспорта и спецтехники по существующим дорогам;
- осуществление постоянного контроля над состоянием арендованных земель;
- возврат рекультивированных земель первоначальным землевладельцам.

Негативное воздействие на почвы оказывают следующие факторы:

- переформирование рельефа;
- сбор и накопление отходов бурения из-за ненадежной изоляции дна и стенок земляных амбаров;
- разгерметизация циркуляционной системы, емкостей с ГСМ;
- разгрузка, хранение химреагентов и других материалов для приготовления буровых растворов;
- производство сварочных и окрасочных работ;
- эксплуатация дизель-электрических станций и дизелей в

Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ  
качестве привода бурового оборудования;

- работа автотракторной спецтехники;
- утечки вредных веществ в процессе работы бурового оборудования;
- аварийные выбросы жидкого флюида;
- пожары.

Процесс загрязнения почвогрунтов отходами бурения разделяется на три стадии. Первая характеризуется образованием поверхностного ареола загрязнения и незначительным проникновением компонентов отходов бурения в грунтовую среду. На второй стадии происходит вертикальная инфильтрация жидких компонентов. Третья стадия характеризуется боковой миграцией загрязнителей.

В условиях Крайнего Севера налет компонентов разлитой промысловой жидкости на снеге и грунте интенсивно поглощает солнечные лучи, вызывая последующее таяние снега и подтаивание подземных льдов. Развивающиеся термокарстовые процессы ведут к образованию просадок, провалов, оползней. Характер загрязнения почвогрунтов на второй и третьей стадиях определяется главным образом проницаемостью грунта, его составом, положением зеркала грунтовых вод и временем.

Особого внимания заслуживает вопрос загрязнения торфяников, так как они занимают значительную территорию Западно-Сибирского региона, а по своим морфологическим признакам отличаются от почвогрунтов. Имеющиеся данные позволяют считать торф не только активным аккумулятором нефти, но и средством, интенсифицирующим биodeградацию углеводородов нефти, биомелиоративной добавкой, позволяющей реально сократить сроки восстановления нарушенных почвенных экосистем.

Изучение последствий загрязнения почвенно-растительного покрова отходами показывает, что на всех пораженных участках наблюдается лишь незначительное восстановление растительного покрова. Даже по истечении 15 лет растительность восстанавливается менее чем наполовину. Во всех случаях после разлива отходов бурения, особенно содержащих нефть, растительный покров практически полностью уничтожается, особенно мхи и лишайники. Основной причиной гибели растений является вытеснение кислорода из почвы.

ОБР и шлам, не содержащие вредных компонентов, в отдельных случаях в небольшом количестве могут быть сброшены на песчаные и супесчаные почвогрунты.

Наибольшую опасность загрязнения почв представляют аварийные разливы жидких продуктов (нефть, ПАВ, концентри-

рованные растворы солей, БВС и прочее). Даже при наличии обваловок вокруг скважины жидкие отходы бурения с вредными компонентами способны фильтроваться через обваловку и грунт и, попав в ливневые, грунтовые и подземные воды, распространяться на значительные расстояния. В этих ситуациях происходит стойкое загрязнение почвенных покровов с существенными изменениями физико-химических, морфологических и агрохимических свойств почв. Происходит нарушение воздушного режима, водных свойств почв, резко снижается численность живых микроорганизмов. Процесс самоочищения протекает медленно, особенно заторможены процессы на лугово-черноземных мерзлых почвах и дерно-подзолистых почвах тайги.

### **2.5.10. Загрязнение атмосферы**

При строительстве скважин в атмосферу поступает большое количество разнообразных загрязнителей воздуха. На всех этапах работ, начиная от строительно-монтажных до демонтажа БУ, на буровой площадке источниками загрязнения атмосферы являются:

- ДВС (привод БУ), дизель-генераторные установки, дегазаторы бурового раствора, котельная, транспорт и спецтехника. В атмосферу поступают выбросы газов и продукты сгорания топлива. Основными веществами в выхлопных газах двигателей - это оксиды углерода и азота, сернистые газы, альдегиды, бенз(а)пирен и др. При работе дизельных двигателей, кроме того, в воздушную среду поступает значительное количество аэрозоля в виде сажи и копоти. Работа дизельных установок в течение года на одной буровой обеспечивает выброс до 2 т углеводородов и сажи, более 30 т оксида азота, 8 т оксида углерода, 5 т сернистого ангидрида. Выхлопные газы бензиновых двигателей содержат свинец, хлор, бром, фосфор. Значительные объемы токсичных смесей окиси углерода и сернистого ангидрида во влажном воздухе под действием солнечной радиации образуют сернистые, серные и азотные кислоты, что увеличивает опасность для ОС. Отвод выбросов в атмосферу при работе ДВС (дизелей) должен осуществляться через дымовые трубы: одну при бурении одиночной скважины и две при кустовой бурении, что обеспечивает рассеивание вредных веществ в атмосферном воздухе до нормируемых пределов;

- циркуляционная система. Это один из весомых источников поступления в атмосферу загрязнителей, так как в составе бурового раствора содержится широкий спектр химреагентов, представляющих опасность прежде всего для обслуживающего персонала буровой установки;

**Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**

- запыленность воздуха за счет распыления химических реагентов, тонкодисперсионных глинопорошков, цемента, утяжелителей, извести и прочего. При бурении глубоких скважин расходуется 200-300 т барита, летучесть которого составляет 50 г/т. Этот токсичный продукт вызывает заражение дыхательных путей человека, отравление и гибель растительных и живых организмов. Существенная опасность возникает при использовании тонкодисперстных отходов асбеста;

- испарение легколетучих веществ из бурового раствора, особенно при добавках нефтепродуктов; проливы ГСМ;

- поступление различных газов из скважины при бурении. Особенно опасно появление сероводорода и углекислого газа;

- сжигание продуктов освоения скважины на факеле. В период испытания скважины (при продувке) преобладает углеводородное загрязнение;

- газонефтяные выбросы при авариях с возгоранием продуктов выброса из скважины.

В табл. 2.7 приведены источники загрязнения воздуха на скважине.

Контроль над содержанием вредных химических веществ

Таблица 2.7

**Источники выбросов и загрязняющие вещества**

Источник	Тип источника	Загрязняющие вещества
Котельная ПКН-2С	Организованный	Оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, мазутная зола (в пересчете на ванадий), сажа, бенз(а)пирен
Дизель-генераторная станция аварийного электроснабжения АСДА-200	Неорганизованный	Оксид азота, углеводороды, диоксид азота, сажа, диоксид серы, акролеин
Паро-передвижная установка ППУ	Неорганизованный	Оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, мазутная зола (в пересчете на ванадий), сажа, бенз(а)пирен
Подъёмный агрегат А-50	Неорганизованный	Оксид азота, углеводороды, диоксид азота, сажа, диоксид серы
Резервуары	Неорганизованный	Углеводороды
Строительная техника	Неорганизованный	Оксид азота, углеводороды, диоксид азота, сажа, диоксид серы
Сварочный агрегат	Неорганизованный	Продукты сгорания металла и обмазки электродов

в воздухе проводится с использованием различных газоанализаторов, показания которых сравниваются с величинами ПДК. Мероприятия по контролю над вредными выбросами разработа-

тываются в соответствии с «Типовой инструкцией по организации системы контроля промышленных выбросов в атмосферу в отраслях промышленности».

Снижение выбросов вредных веществ в атмосферу от неорганизованных источников обеспечивается герметизацией циркуляционной системы бурового раствора при контейнерном бурении, герметизацией емкостей блока БПР, системы сбора и очистки буровых вод, устья скважины, системы приема и замера пластовых флюидов, поступающих при испытании скважины.

С целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами, выделяемыми стационарными источниками (котельной, ДВС БУ, факельными блоками), размещение их осуществляется с учетом господствующего направления ветра.

Изучение интенсивности загрязнения воздушной среды на буровой показало, что снежный покров является накопителем веществ, загрязняющих атмосферу вокруг буровой. В период снеготаяния отмечается загрязнение верхнего слоя почв токсичными веществами, накопленными в снежном покрове. Химический анализ снеговой воды, отобранной после сезона работы буровой, показал, что имеет место загрязнение нитратами, соединениями кальция, кадмия и свинца, а также наблюдается увеличение содержания взвешенных веществ. Радиус влияния деятельности одной буровой на атмосферный воздух и почву прослеживается более чем на 2 км. Общее количество загрязняющих веществ за сезон работы составляет 2,4 т/км<sup>3</sup>. Поскольку питание тундровых вод происходит за счет таяния снега и атмосферных осадков, во всех озерах, расположенных вокруг буровой, были обнаружены кадмий и свинец, а в отдельных пробах и цинк.

Выбросы вредных веществ в атмосферу при производстве буровых работ носят временный характер. К основным мероприятиям по охране атмосферного воздуха при строительстве скважины относятся:

- применение БУ с электроприводом, позволяющим сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу до 65 т/скв.;

- использование специальных реагентов-нейтрализаторов (СТ-66, Т-80, КС-7 и др.), а также буровых растворов, обладающих нейтрализующей способностью при вскрытии продуктивных пластов, содержащих сероводород;

- герметизация обсадных колонн, устья скважины, емкостей блока приготовления бурового раствора, системы приема и замера пластовых флюидов, поступающих при освоении скважины, циркуляционной системы;

Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

- применение химреагентов в буровых растворах, не приводящих к опасному загрязнению воздуха;
- доставка и хранение химических реагентов в герметичных емкостях (упаковках), учет расходуемых и отработанных ГСМ и химических реагентов;
- применение противовыбросового оборудования (ГОСТ 13862-90) и фонтанной арматуры (ГОСТ 13846-89);
- контроль качества воздушной среды в зоне рабочей буровой площадки;
- контроль передвижного транспорта, применение катализаторов (нейтрализаторов) выхлопных газов автомашин;
- использование вертикальной факельной установки для сжигания попутного газа при испытании продуктивного пласта;
- использование наиболее чистого топлива для котельных установок;
- недопущение неорганизованных выбросов в атмосферу.

Самым сильным фактором загрязнения атмосферы являются аварийные выбросы из скважины. Так, в феврале 1990 г. и октябре 1993 г. при поисково-разведочном бурении в Старополтавском районе Волгоградской области при вскрытии продуктивного горизонта в подсолевых отложениях произошли две крупные аварии со свободным выбросом и последующим возгоранием углеводородного флюида: скв. 1 Ерусланская и скв. 16 Белокаменского месторождения. В первом случае, по расчетным данным оценки ущерба, радиус загрязнения приземной атмосферы при горении метанового газа составил 12 км. В зоне воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с превышением ПДК оказались населенные пункты Харьковка и Гмелинка Волгоградской области. Во втором случае, по материалам ОАО «Саратовнефтегаз», в составе углеводородов было установлено наличие сероводорода с концентрацией 0,47%. По расчетным данным, радиус приземной атмосферы (по содержанию  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$ ) составил 36 км. В зону воздействия загрязняющих веществ в атмосфере с превышением ПДК попало 18 населенных пунктов лево-бережной и правобережной частей Волгоградской и Саратовской областей.

Фонтаны бывают нефтяными (рис. 2.10) и газовыми (рис. 2.11).

Нефтяные фонтаны происходят с большим дебитом нефти (1500-2000 т/сут.), слабые газовые - до 500 тыс. м<sup>3</sup>/сут., средние - 0,5-1,0 млн м<sup>3</sup>/сут. и мощные - более 1 млн м<sup>3</sup>/сут. Во всех случаях фонтаны наносят огромный экологический вред объектам ОС.



**Рис. 2.10. Горящий нефтяной фонтан**



*Рис. 2.11. Газовый фонтан (без возгорания)*

## **2.6. ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ**

Добыча нефти и газа - это совокупность технологических процессов, обеспечивающих появление их на дневной поверхности и транспортировку к месту потребления и переработки.

В целом по стране добывающие скважины находятся на падающей и завершающей стадии добычи нефти, при которой добывается наряду с нефтью около 80% пластовой воды (рис. 2.12).

Продукция нефтяной скважины в процессе ее эксплуатации представляет собой смесь нефти, газа и пластовой воды, которая при движении и интенсивном перемешивании образует эмульсию. Поэтому на промысле строится система аппаратов и сооружений, трубопроводов. На всем технологическом пути сбора и обработки нефти, газа и пластовой воды происходит загрязнение природной

### 2.6.1. Виды техногенного воздействия

Нефтегазодобывающее производство способно вызывать глубокие преобразования природных объектов земной коры на больших глубинах, а также оказывать антропогенное воздействие на ОС на дневной поверхности.

Современный нефтяной или газовый промысел представляет собой сложную систему сбора и очистки пластовой про-

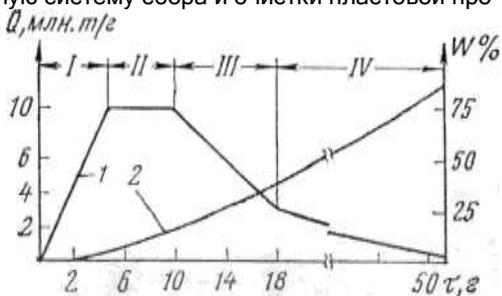


Рис. 2.12. Динамика добычи нефти на месторождении по годам:

- 1 - добыча нефти; 2 - обводненность нефти; I - нарастающий уровень добычи нефти фонтанным способом; II - постоянный уровень добычи нефти; III - период падающей добычи нефти; IV - завершающий период добычи нефти

### Экология нефтегазового производства

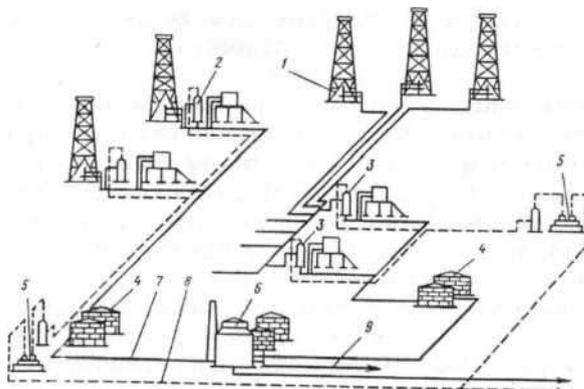


Рис. 2.13. Принципиальная схема промысла:

- 1 - фонтанные и насосные скважины; 2 - индивидуальные установки;
- 3 - групповые замерные установки; 4 - сборный парк; 5 - компрессорная установка; 6 - товарный парк и УКПН; 7 - нефтепроводы; 8 - газопроводы;
- 9 - сброс воды в поглощающие скважины (в систему ППД)

дукции, поступающей из скважины. На промысле осуществляется сбор нефти, газа и пластовой воды, освобождение их от посторонних примесей (рис. 2.13).

При этом выполняются следующие операции:

- сбор и замер продукции скважин;
- отделение (сепарация) нефти и газа;
- освобождение нефти и газа от воды и механических примесей;
- транспорт нефти от сборных и замерных установок до промысловых резервуарных парков и газа до компрессорных станций или газораспределительных узлов;
- обезвоживание (деэмульсация) нефти и в ряде случаев ее обессоливание и стабилизация, т.е. удаление из нее легких углеводородов;
- удаление из газа ненужных примесей и отбензинивание его;
- сбор пластовой воды и закачка его для ППД;
- учет добычи нефти и газа и сдача их транспортным организациям.

Несмотря на то, что продукция скважин на промысле на всем своем пути находится в герметизированном состоянии, антропогенное влияние на элементы ОС все же происходит по разным причинам. Рассмотрим некоторые виды техногенного воздействия.

В процессе нефтегазодобычи проводятся широкомасштабные и весьма существенные воздействия на пласты. Интенсивный отбор пластового флюида (нефти, газа и пластовой воды) приводит к значительному снижению пластового давления. При этом нагрузка от веса вышележащих пород повышает напряжения в породном скелете пласта. В результате этого развиваются карстовые и гидродинамические процессы с возникновением пустот, крупных полостей, воронок проседания, что может привести к землетрясениям, как это было, например, в Нефтеюганске.

Проседание грунта и землетрясения происходят в старых нефтедобывающих районах. Особенно это сильно проявляется на Старогрозненском месторождении. Слабые землетрясения как результат интенсивного отбора нефти из недр ощущались здесь в 1971 г., когда произошло землетрясение интенсивностью 7 баллов в эпицентре, расположенном в 16 км от Грозного. В результате пострадали жилые и административные здания не только поселка нефтяников на месторождении, но и самого города. На старых месторождениях Азербайджана - Балаханы, Сабунчи, Романы (в пригородах Баку) происходит оседание поверхности, что ведет к горизонтальным подвижкам. В свою очередь, это является причиной смятия и поломки обсадных труб эксплуатационных нефтяных скважин. В Грозном отмечены случаи, когда смятие промежуточной колонны сопровождается смятием не только последующей эксплуатационной колонны, но и находящейся внутри нее НКТ. Так, поднятая из скв. 39 (Брагуны) НКТ диаметром 73 мм оказалась сплюсненной на глубине 3700 м в результате смятия обсадной колонны диаметром 168 мм.

Отголоски интенсивных нефтяных разработок наблюдались в Татарии, где в апреле 1989 г. было зарегистрировано землетрясение силой до 6 баллов (г. Менделеевск). По мнению местных специалистов, существует прямая зависимость между интенсивностью откачки нефти из недр и активизацией мелких землетрясений. Зафиксированы случаи обрыва обсаженных стволов скважин, смятия колонн. Подземные толчки в этом районе особенно настораживают, ведь здесь сооружается Татарская АЭС. Во всех этих случаях одной из действенных мер является нагнетание в продуктивный пласт воды, компенсирующей отбор нефти.

Следует подчеркнуть, что нефтегазодобыча может воздей-

ствовать не только на отдельный пласт, но и на несколько различных по глубине пластов одновременно, что нарушает равновесие литосферы.

Явления механического обрушения проявляются также при высоконапорном фонтанировании нефтяных скважин. Так, вынос песка из одной скважины Балаханского промысла (Азербайджан) за полгода составил  $1540 \text{ м}^3$ , из другой скважины вместе с нефтяным фонтаном за одни сутки было выброшено  $3800 \text{ м}^3$  песка. В с. Урицком (Саратовская область) произошел газовый выброс песка из мезозойских песчаных образований. При этом образовался песчаный конус выноса диаметром около 1 км и высотой до 8 м.

В нефтегазоносном районе Лонг-Бич близ Лос-Анжелеса (штат Калифорния, США) в связи с интенсивной откачкой нефти, газа и воды на побережье Тихого океана оседание поверхности за 30 лет эксплуатации достигло от 0,6 до 7,6 м. Скорость оседания в отдельных пунктах достигала 75 см в год и коррелировалась с темпом добычи. Предпринятая закачка воды замедлила опускание. Более того, на отдельных участках опускание сменилось поднятием на величину 6- 15% от предыдущего опускания.

Оседание поверхности земли на площади Саур Лейк в Техасе превысило 12 м. В районах Хьюстона, Посадены, Бейтауна и Беллэра (штат Техас) откачка нефти, газа и воды вызвала в 1962 г. оседание площади почти в 180 тыс. га; максимальное оседание составляло 90 см/год.

В 1986 г. при разработке нефтяного месторождения Эко-фиск в Северном море опрокинулась морская платформа из-за значительных проседаний (более 2,5 м) морского дна.

Проседания поверхности земли за счет образования пустот происходят не только на нефтяных и газовых месторождениях, но и под промышленными площадками (объектами). Так, например, за последние десятилетия столица Мексики усела на 7 м, а часть территории Токио площадью в  $35 \text{ км}^2$  опустилась ниже уровня моря.

Приведенные примеры свидетельствуют о сильном влиянии нефтегазодобычи на природную среду. Проседания пластов, а также землетрясения ухудшают, а порой приводят в негодность нефтяные и газовые скважины. Эксплуатация дефектных скважин (с нарушением герметичности эксплуатационной колонны, фланцевых соединений, цементного кольца за



колонной и т.п.) не допускается. Поэтому необходимо проводить ремонтно-изоляционные работы в скважине. В худшем случае скважину следует ликвидировать.

Продолжительная эксплуатация скважин часто приводит к уменьшению механической прочности и нарушению устойчивости горных пород на стенках скважины (осыпание, обваливание, образование каверн в горных породах и прочее). Это приводит к потере герметичности эксплуатационных колонн, к коррозионному воздействию агрессивных сероводородных пластовых вод на обсадные трубы, активному перетоку жидких флюидов из одного пласта в другой.

Исследования цементного камня на площадях Башкортостана показали, что при эксплуатации скважин более 15-20 лет и при содержании в минерализованных пластовых водах ионов магния, сульфат-ионов и сероводорода заколонный материал представляет собой пластическую массу темно-серого цвета или трещиноватый твердый материал. В некоторых случаях заколонный материал вообще отсутствует, что свидетельствует о полном коррозионном разрушении цементного камня.

Нарушения эксплуатационных колонн в зонах обвалов глин и образования каверн наблюдались на Мухановском, Покровском, Кулешовском, Зольненском, Сызранском и других месторождениях Самарской области. По данным акустического цементомера (АКЦ), в зонах каверн отмечено плохое сцепление цемента с колонной, существуют каналы вдоль эксплуатационной колонны по затрубному пространству, по которым происходит переток агрессивных пластовых вод башкирских отложений.

В практике промысловых работ применяются различные методы интенсификации добычи нефти. Основным методом является заводнение, с помощью которого в стране добывается 85% нефти. При этом широко применяется закачка поверхностных и сточных вод, пластовых вод, вод содового и другого производства в пласты для поддержания пластового давления. Это приводит к полному изменению физико-химической обстановки в пластах. В них образуются водонефтяные эмульсии, различные суспензии, меняется химический состав вод, поры могут закупориваться осадками, образующимися в процессе реакции поверхностных вод с пластовыми, могут развиваться инородные бактерии и т.п.

Для обработки призабойных зон используются физические

методы (закачка пара), физико-химические (закачка углекислого газа, попутного газа), химические (закачка ПАВ, полимерных растворов, кислот, щелочи мицелярных растворов) и др. Несвершенство технологий и технических средств, методов повышения нефтеотдачи ведет к загрязнению ОС применяемыми рабочими агентами.

Наряду с полезной продукцией из скважин могут поступать сопутствующие токсичные элементы подземных пластовых вод (хлор, бром, йод, сера и др. химические элементы), высоко-токсичные газы (сероводород, углекислый газ и др.), от которых необходимо освободиться при очистке нефти и газа. Экологически опасными являются факелы, в которых сжигается неиспользуемый попутный нефтяной газ.

На поверхности земли располагаются различные нефтегазопромысловые объекты по доведению нефти и газа до потребительского состояния. Начиная от АГЗУ и кончая дожимными станциями на всем пути очистки нефти и газа могут выделяться загрязнители воздуха, почвы и водных бассейнов. Несвершенство аппаратов, технологических процессов, применение различных химических реагентов для качественной очистки продукции, пирофорные и парафино-смолистые отложения, грязь, утечки, разливы и прочее - вот далеко не полный список загрязнителей в системе сбора, очистки и транспорта нефти и газа.

Одной из причин, снижающих эффективность эксплуатации скважин, является образование АСПО, которые откладываются в призабойной зоне скважин, на выкидных линиях и на внутренней поверхности нефтепромыслового оборудования. Эффективным способом удаления АСПО является применение растворителей (реагент МС-50, УР и др.).

Опасными объектами в системе сбора и транспорта нефти и газа являются нефтегазовые трубопроводы, резервуары, буферные и дренажные емкости, сепараторы, аппараты по обезвоживанию и обессоливанию нефти, узлы учета нефти и газа, стояки налива нефти, железнодорожные цистерны, терминалы и т.п.

Практика показывает, что наибольшими значениями техногенного риска на нефтегазовых промыслах характеризуются установки промышленной подготовки нефти и газа, трубопроводы, обеспечивающие транспорт пластовой продукции. Поэтому все нефтегазопромысловые объекты должны соблюдать расстояния в радиусе негативного воздействия на ОС и население близлежащих

поселений, т.е. строго выдерживать требования СанПиН 2.2.1/2.1.1.200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификации предприятий, сооружений и других объектов».

Основным направлением снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций является применение более надежных технических устройств, современных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками, применение на объектах автоматизированных систем раннего обнаружения аварий и отключения поврежденных объектов.

Для установок промышленной подготовки нефти и газа наиболее опасными авариями по размерам ущерба, наносимого компонентам окружающей природной среды, и затрат предприятия, направленных на ликвидацию аварий и их последствий, являются разгерметизация или разрушение емкостей с углеводородами и трубопроводов обвязки.

Наиболее эффективным методом предупреждения аварий на действующих нефтегазопромысловых объектах является диагностика оборудования. Диагностические мероприятия, как правило, высокочрезвычайны, требуют значительного времени на подготовку диагностируемых объектов, использования дорогостоящего оборудования и привлечения специалистов. Но если оценка эффективности диагностики проводить исходя из снижения вероятности причинения ущерба ОС, снижения финансовых потерь на штрафы и возмещение причиненного ущерба за весь период разработки и эксплуатации месторождения, то выгода от этого очевидна.

### **2.6.2. Охрана окружающей среды при ремонте скважин**

Эксплуатация скважин продолжается десятилетиями. За этот промежуток времени в скважинах происходят различные нарушения, которые негативно влияют на окружающую природу. Поэтому природоохранные мероприятия должны учитывать специфические особенности процесса ремонта скважин, время года, природно-климатические условия района ведения работ. Необходимо учитывать также народнохозяйственную ценность окружающих водных объектов, лесов, отведенных земель. Действия по ремонту скважин долж

ны быть согласованы в местных комитетах по охране ОС.

Ремонт скважин подразделяется на текущий и капитальный (рис. 2.14).

К текущему ремонту относятся работы, связанные с переводом скважин с одного способа эксплуатации на другой с обеспечением заданного технологического режима работы скважинного оборудования, изменением режимов работы и сменой оборудования, очисткой забоя и ствола скважины, подъемных труб от песка, парафина, солей и иных отложений и др.

К капитальному ремонту скважин относятся более сложные работы, связанные с изменением эксплуатационного объекта, креплением рыхлых коллекторов, восстановлением

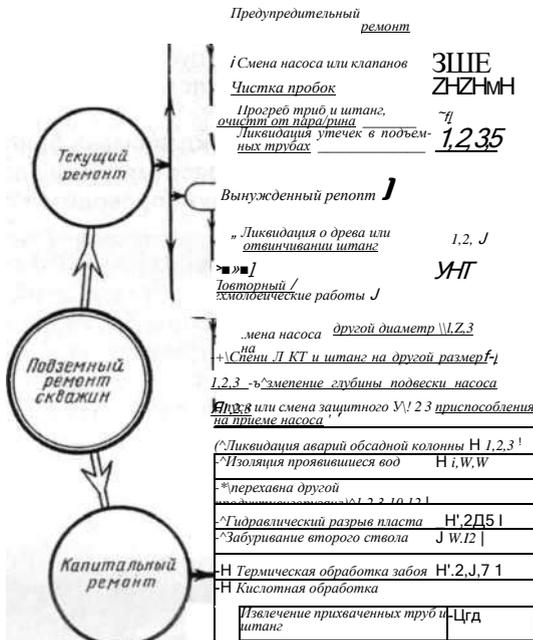


Рис. 2.14. Операции подземного ремонта скважин:

- 1 - транспортные операции; 2 - подготовительные операции; 3 - СПО; 4 - тартание и др.; 5 - депарафинизация; 6 - чистка пробок; 7 - закачка теплоносителя; 8 - закачка кислоты; 9 - закачка специальной жидкости; 10 - заливка цемента; 11 - цементирование ствола; 12 - разбуривание

герметичности цементного камня и эксплуатационной колонны, устранением деформации колонны, ограничением притоков пластовых вод, увеличением поступления нефти и газа, с ловильными и другими сложными работами в стволе скважины, зарезкой второго ствола и др. На рис. 2.15 показана силовая установка для капитального ремонта скважин.

Вышеперечисленные виды работ указывают на сложность проводимых операций по восстановлению эксплуатационного состояния скважин, а значит, и на качественную охрану ОС. Необходимо строго выполнять требования по защите природы.

Перед проведением ремонтных работ территория вокруг скважины должна быть спланирована с учетом расположения подъемного агрегата и прочего оборудования и освобождена от посторонних предметов, а в зимнее время очищена от снега и льда. Площадки для установки передвижных агрегатов должны сооружаться с учетом состава грунтов, типа агрегатов, характера выполняемых работ и располагаться с наветренной стороны с учетом розы ветров.

В процессе ремонта скважин каждая смена бригады должна начинать работу с анализа экспресс-методом воздуха, взятого у открытого устья. Проба воздуха проводится газоанали-



*Рис. 2.15. Подъемный агрегат в рабочем положении*

заторами (типа УГ-2, ГУ-4, АМ-5) или аналогичными им приборами на присутствие сероводорода, сернистого газа, углеводородов, окиси углерода. Результаты анализа должны быть зарегистрированы мастером бригады или бурильщиком (оператором) в специальном журнале. В случае, если загазованность рабочей зоны превышает ПДК по ГОСТ 12.1.005-88 или появились газопроявления, необходимо загерметизировать устье скважины и принять срочные меры по ликвидации газопроявлений. В данной ситуации члены бригады должны использовать средства индивидуальной защиты.

На месторождениях, содержащих сероводород, запрещается выпуск сероводородсодержащего газа в атмосферу без сжигания или нейтрализации, а также слив жидкости, содержащей сероводород, в открытую систему канализации без ее нейтрализации.

Для повышения эффективности работы скважины проводится обработка забоя скважины с помощью кислот (соляной, уксусной, плавиковой), для предотвращения гидрообразования применяют метанол, используют химические растворители парафинов и асфальтосмолистых веществ. Операции, проводимые с помощью указанных составов, при утечках, разливах негативно влияют на ОС и коррозионную стойкость применяемого оборудования.

Сложным видом капитального ремонта скважин являются ремонтно-изоляционные работы (РИР). Для установки одно- и двухслойных металлических пластырей из продольно-гофрированных труб внутри обсадных колонн разного диаметра в нефтяных и нагнетательных скважинах в местах нарушения герметичности колонн применяется дорн Д-1 И. Дорн обеспечивает расширение и запрессовку стального пластыря путем протягивания дорнирующей головки с помощью гидродомкрата, установленного на НКТ. Длина хода штоков 1500 мм. Устройство эксплуатируется в среде бурового раствора, воды, нефти и минерализованной пластовой жидкости с температурой до 100 °С.

В последнее время бурно стало проводиться бурение вторых (боковых) стволов в участки пластов с застойными зонами и неохваченных проектами. Бурение боковых наклонных, горизонтальных и разветвлено-горизонтальных стволов из имеющих скважин для увеличения дебита добываемой продукции целесообразно проводить на скважинах бездействующего и аварийного фонда. При этом необходимо строго соблюдать требования по защите пластов и призабойных зон от загрязнений.

Рекомендуется при бурении боковых стволов использовать биополимерный буровой раствор БУВИС, высоко-ингибированный биополимерный раствор ПОЛИБУР и др. Освоение скважины производить только после установки устьевого арматуры.

Организованными источниками выбросов при строительстве боковых стволов скважин являются:

- энергоблок БУ, ДВС блока буровых насосов;
- блок электростанций;
- котельная установка (в зимний период);
- топливомаслоустановка;
- емкости хранения нефти и топлива котельной.

Неорганизованными источниками выбросов являются:

- площадка работы дорожно-строительной техники;
- площадка работы технологического транспорта;
- площадка проведения сварочных работ и газовой резки металла;
- нефтеловушка шламового амбара;
- блок приготовления бурового и тампонажного растворов;
- трапно-факельная установка при испытании скважины.

Для приготовления, очистки, химической обработки и хранения бурового раствора используется блок, входящий в циркуляционную систему при бурении боковых стволов (разработка ОАО «Хадыженский машиностроительный завод»). Общий вид блока показан на рис. 2.16.

После окончания бурения необходимо:

- вывезти оставшиеся буровые растворы для повторного их использования или регенерации;
- утилизировать, нейтрализовать и захоронить отходы бурения;
- очистить загрязненные нефтью и химреагентами участки территории вокруг скважины, засыпать шламовые и другие земляные амбары.

Производственный мусор, образовавшийся как в процессе ремонта скважин, так и после его завершения, следует собрать и вывезти в места свалки, согласованные с землепользователем, а также частично сжечь и захоронить в шламовых амбарах при ликвидации последних.

Необходимо помнить, что ремонт скважин постоянно связан с возможным возникновением ГНВП. Опасными остаются загрязнения, образующиеся при глушении скважин. При нагнетании отработанного раствора в скважину при глушении и ремонте из-за чрезмерно высокого давления возникают открытые выбросы из скважины, которые загрязняют почву нефтью, нефтепродуктами, глинистым раствором и высокоминерализованными водами. Наносится вред атмосферному воздуху. Поэтому рабочие бригады, обслуживающие скважины, должны быть хорошо подготовлены для предупреждения и ликвидации проявлений. Для этого должны проводиться учебно-тренировочные занятия с работниками каждой бригады не реже одного раза в год.

Учебно-тренировочные занятия проводятся мастером бригады или представителем военизированного отряда согласно «Инструкции первичных действий бригад при возникновении нефтегазопроявлений и открытых фонтанов». Результаты проведения занятий заносятся в «Журнал регистрации по ликвидации нефтегазопроявлений и открытых фонтанов». Проведение учебных тревог в бригадах направлено на то, чтобы каждый работник бригады четко

3

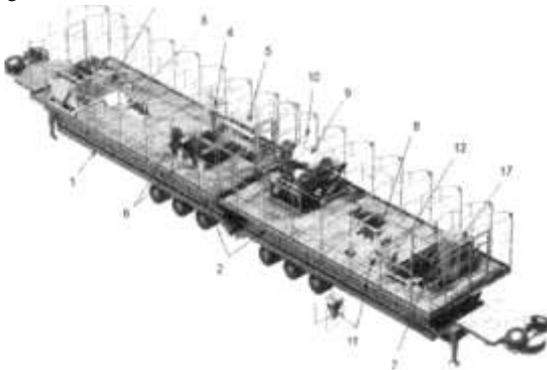


Рис. 2.16. Блок для капитального ремонта скважин:

1 - полуприцеп-тяжеловоз (грузоподъемность 34 т); 2 - емкость (20 м<sup>3</sup>); 3 - вибросито СВ 1 Л; 4 - гидроциклон; 5 - илоотделитель ИГ-45М; 6 - насос ВШН- 150; 7 - насос 6 Ш8-2; 8 - перемешиватель ПЛ; 9 - блок центрифуги БЦ; 10 - насос погружной 1ВПН; 11 - смеситель СМ-100 (с воронкой); 12 - диспергатор ДШ-100; 13 - трубопроводная обвязка с запорно-распределительной и регулировочной арматурой (не показан); 14 - укрытие (не показано); 15 - паровой регистр (не показан); 16 - тепловентилятор (не показан); 17 - шкаф управления; 18 - дегазатор «Каскад 40.02» (не показан)

знал свои обязанности при возникновении ГНВП или открытого фонтана, умел принимать быстрые и эффективные меры по герметизации устья скважины, хорошо знал противовыбросовое оборудование, установленное на устье скважины, правила техники безопасности и газобезопасности.

### 2.6.3. Охрана водных бассейнов на промыслах

Для водоснабжения промысла используются поверхностные и подземные источники. На добычу 1 т нефти затрачивается при различных условиях от 0,4 до 24 м<sup>3</sup> воды. Подготовка поверхностных вод для технологических нужд предусматривает в основном их осветление и отстаивание (удаление взвешенных частиц), хлорирование или озонирование (обеззараживание), т.е. получение воды нужного качества. После производственных процессов отработанная вода собирается и сбрасывается в виде сточных вод. Поэтому проблема охраны водных богатств решается в двух основных направлениях - всемерное снижение объемов водозабора из поверхностных источников (внедрение оборотного водоснабжения) и предотвращение сброса в водоемы нормативно неочищенных стоков.

Для предотвращения загрязнения водных объектов устанавливаются водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы. Так, для Куйбышевского и Саратовского водохранилищ это соответственно 500 и 100 м. Работы в водоохраных зонах должны проводиться согласно документам, прошедшим государственную экологическую экспертизу. Например, для ОАО «Сургутнефтегаз» это РД 5753490-028-2002, в котором учтены региональные геохимические особенности территории и компоненты ОС.

Вода по назначению подразделяется на производственную и хозяйственно-питьевую. При производственном потреблении вода используется:

- в качестве рабочего агента (в промысловых аппаратах, котельных, компрессорных и насосных станциях, лабораториях и проч.);
- в системах теплообменников и охладителях;
- для опрессовки технологического оборудования, промысловых и магистральных трубопроводов;
- в системах пожаротушения и т.д.

Хозяйственно-питьевое потребление воды осуществляется:

- для бытовых нужд обслуживающего персонала;

## Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

- для мытья автомобильного транспорта и спецтехники, производственных помещений и территорий;

- для полива зеленых насаждений и т.д.

Основными источниками загрязнения могут быть: мерники, нефтяные резервуары, подземные емкости, буферные емкости, подогреватели нефти, насосы, узлы учета нефти, сепараторы, инженерные сети и трубопроводы, неплотности сальников оборудования, которые потеряли свою герметичность, и др.

Негативное воздействие на поверхностные и подземные воды могут спровоцировать следующие ситуации:

- разливы неочищенных или недостаточно очищенных производственных, дождевых (талых) и хозяйственно-бытовых сточных вод;

- аварийные сбросы или переливы всех типов сточных вод;

- фильтрационные утечки сточных вод из емкостей, трубопроводов и других сооружений;

- аварийное разрушение (в результате коррозии) трубопроводов, транспортирующих нефть (пластовые флюиды), сточные воды, реагенты;

- аварийные нарушения герметичности обсадных колонн эксплуатационных, нагнетательных скважин в результате износа, коррозии.

При водозаборе из подземных вод может происходить подтягивание некондиционных природных вод при нарушении режима эксплуатации. При этом площади очагов загрязнения чистых подземных вод могут достигать сотни квадратных километров.

Основными объектами нефтепромыслов, на которых формируются сточные воды, являются УКПН, реализующие процессы обессоливания, деэмульсации, стабилизации и обезвоживания нефти, а также промысловые нефтерезервуарные парки.

Сточные воды представляют собой сложные гетерогенные системы загрязняющих веществ, которые могут находиться в растворенном коллоидном и взвешенном состояниях. Они отличаются друг от друга своим происхождением, составом и биологической активностью. Всегда присутствуют как органические, так и неорганические компоненты загрязнений.

Сточные воды, как наиболее существенный загрязнитель на нефтепромыслах, нефтебазах, газохранилищах, перекачивающих насосных и компрессорных станциях и наливных пунктах, подразделяются на пластовые, подтоварные, промывочные, атмосферные, производственные сточные, хозяйственно-бытовые стоки и осадки, образующиеся в резервуарах и очистных

сооружениях.

В состав пластовых вод входят воды, добываемые совместно с нефтью. Эти воды отделяются на установках предварительного сброса пластовой воды и в центральных пунктах сбора и подготовки нефти, где сбрасывается основной объем пластовых вод из емкостей термохимических установок ЭЛОУ и УКПН. По мере увеличения срока эксплуатации месторождения объем пластовых вод непрерывно растет.

Подтоварные воды образуются при обводнении нефтепродуктов и нефти за счет влаги, поступающей в резервуар из воздуха через дыхательный клапан. Эти стоки сбрасываются при дренаже резервуаров. При зачистке и промывке резервуаров образуются промывочные воды.

Под хозяйственными сточными водами понимают хозяйственные воды, загрязненные в основном физиологическими отбросами. Они содержат нерастворимые вещества в грубодисперсном и тонкодисперсном состоянии, а также коллоидные и растворимые вещества, среди которых встречаются органические вещества, минеральные соли и загрязнители бактериального происхождения.

Образующиеся хозяйственные и производственные сточные воды после очистки канализуются совместно. Стоки загрязняются органикой (фекальные стоки), солями кальция, магния, взвешенными веществами, нефтепродуктами.

При измерении дебитов, сепарации и очистке от нефтяного газа, деэмульсации, обессоливании и стабилизации нефти, очистке нефти от пластовой воды образуется огромный объем нефтесодержащих сточных вод. В их составе имеется значительное количество нефти и нефтепродуктов (до 400-1500 мг/л), механических примесей (100-600 мг/л).

Дождевые воды, стекающие с площадок, загрязненных нефтью (например, с территорий резервуарных парков и сливо-наливных пунктов), содержат 40-100 мг/л эмульгированной нефти и более 300 мг/л (а в отдельных случаях до 3000 мг/л) механических примесей (взвешенных частиц). При попадании загрязненных вод в водные бассейны последние загрязняются, что сказывается на флоре и фауне. Так, например, из-за нефтяных загрязнений в Томской области за 30 лет в 5 раз снизился улов ценных рыб.

В табл. 2.8 приведены ориентировочные данные по составу сточных вод.

Для очистки сточных вод применяются различные очистные сооружения. Например, компактные модули «Радуга» (ООО «ЭКО-С») производительностью от 50 до 500 м<sup>3</sup>/сут используются

при очистке сточных вод промыслов и нефтебаз, моек автотранспорта. В установках «Радуга» сочетается флотационная и фильтрационная очистка. Флотатор извлекает основную часть загрязнений (до 95%), фильтр обеспечивает глубокую доочистку сточной воды до норм ПДК (до 99,9%).

Сброс (спуск) вредных веществ из оборудования, аппаратов в канализационные системы даже в аварийных ситуациях запрещается. Для этих целей должны быть предусмотрены аварийные емкости, из которых загрязненные воды после восстановления технологической цепочки должны направляться на вход очистных сооружений.

Для охраны поверхностных и подземных вод необходима установка различных поддонов и устройств под техноло-

Таблица 2.8

**Характеристика загрязнений сточных вод не<тепромыслов**

Загрязнитель	Воды от резервуарных парков	Воды от УКПН
Нефть, мг/л	150-4000	0,01
Соли, мг/л, в том числе:	100-240	90-120
- хлориды	55-150	50-70
- железо	2-120	0,45
Взвешенные вещества, мг/л	50-1700	150-200
Дезэмульгаторы, г/л	-	8
Сероводород, мг/л	300-400	-

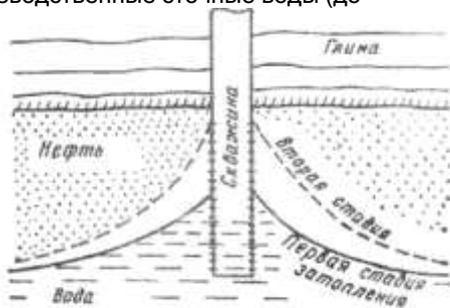
гическое оборудование, исключающих попадание загрязнений на землю и в водный бассейн, создание надежных грунтовых обвалований технологических площадок. Сточные промышленные воды, которые в большом объеме накапливаются на промыслах, после соответствующей подготовки закачиваются в продуктивный пласт для ППД или в поглощающие пласты для захоронения.

**2.6.4. Загрязнения при ППД**

При добыче нефти на четвертой стадии разработки месторождения на дневную поверхность вместе с нефтью извлекаются пластовые воды, составляющие основную часть общего объема жидкости. Интенсивное поступление пластовых вод в скважину объясняется длительностью эксплуатации залежей и образованием при этом на забое скважины «конусов обводнения» (рис. 2.17).

Прорыв воды к забоям скважин происходит вследствие того, что жидкости имеют разную плотность (вода - более текучая жидкость по сравнению с нефтью). Поэтому осуществляется ППД для вытеснения нефти из застойных зон, увеличения периода фонтанирования и увеличения КИН. При этом для добычи одной тонны нефти ориентировочно расход воды составляет в среднем 1,5-2,0 м<sup>3</sup> при площадном заводнении и 2,0-2,5 м<sup>3</sup> при законтурном заводнении.

Смесь вод, используемых для закачки в продуктивные горизонты для ППД, называют промышленными сточными водами. В их состав входят пластовые воды (до 85%), поднимаемые вместе с нефтью, производственные сточные воды (до



**Рис. 2.17. Схема образования «конуса обводнения»**

## Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ



Рис. 2.18. Блок-схема водоснабжения системы заводнения

10%), полученные от обессоливания на установках подготовки нефти, растворы ПАВ, добавляемые для разрушения нефтяной эмульсии, дождевые или ливневые воды (до 5%). На рис. 2.18 изображена схема поступления воды для закачки в пласт.

Химический состав пластовых вод зависит от геологического возраста и стратиграфического положения нефтяного горизонта. По степени минерализации пластовые воды подразделяются на соленые с содержанием солей от 6 до 160 г/л и рассольные - от 160 до 300 г/л и выше.

Выделяют два основных вида пластовых вод: жесткие - хлоркальциево-магниевые и щелочные, или гидрокарбонатно-натриевые. Пластовые воды нефтяных месторождений содержат нефть и значительное количество солей органических кислот - нафтеновых, жирных и т.д. В состав пластовых вод входят также твердые механические примеси, состоящие в основном из оксидов кремния, железа, кальция и магния, а также обломков кварцевых зерен, доломитов и карбонатов.

Специальная подготовка сточных и пластовых вод в системе заводнения - технологически сложный процесс. В то же время использование этих вод в системе заводнения позволяет в определенной степени решить одну из острейших проблем в нефтяной промышленности, а именно проблему рационального использования водных ресурсов и охраны водоемов с пресной водой.

На рис. 2.19 в качестве примера показана схема законтурного

заводнения. При таком способе заводнения подготовленную воду закачивают под давлением в пласт через специальные нагнетательные скважины, размещенные за внешним контуром нефтеносности по периметру залежи нефти.

Промысловые сточные воды, как и пластовые, агрессивны в связи с наличием в них различных химических соединений, используемых для качественной очистки нефти. Кроме того, при закачке рабочего агента в нагнетательные скважины при ППД идет интенсивная коррозия нефтепромыслового оборудования, нарушается герметичность колонны, происходит засоление пластов. Указанные нарушения в системе ППД обостряют экологическую обстановку на промысле.

В качестве опасного загрязнителя вод в последние годы выступают СПАВы, широко применяемые в процессах разработки и эксплуатации месторождений нефти. Они используются для повышения нефтеотдачи пластов, улучшения процесса деэмульсации и обезвоживания нефти и др. Они образуют стойкие пены, резко снижают эффективность биохимических методов очистки сточных вод, прекращают, даже в небольших концентрациях, рост водорослей и другой растительности.

При ППД качество закачиваемой воды должно соответство-

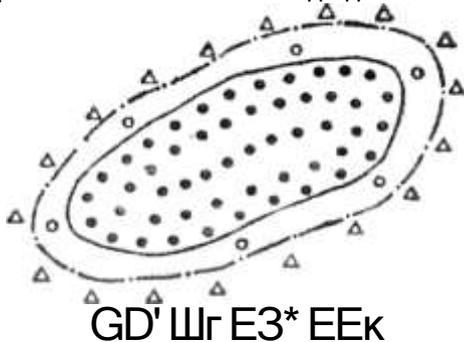


Рис. 2. 19. Схема законтурного заводнения:  
 1 - нефтяные скважины; 2 - нагнетательные скважины; 3 - контрольные скважины; 4 - внутренний контур нефтеносности; 5 - внешний контур нефтеносности

вать трем показателям - качество воды, микробиологическая и химическая совместимость ее с пластовой водой и породой коллектора и обеспечение полной герметизации на ДНС.

Очистка вод может производиться механическими, физико-химическими, химическими и биологическими способами. Для этого используют отстойники (пруды), буферные резервуары, нефтеловушки, флотационные установки, гидроциклоны, центрифуги и прочее. Очистка промышленных сточных вод от загрязняющих веществ, нефти, нефтепродуктов, конденсата, растворимых солей, токсичных ПАВ производится с помощью дисолвана, диэтиленгликоля и др. веществ. Обработка вод с целью предотвращения ее заражения сульфатовосстанавливающими бактериями, приводящими к образованию сероводорода в нефти и в воде, осуществляется антисептиками.

Для обеспечения надежной и эффективной работы системы ППД при эксплуатации необходимо проводить:

- организацию регулярного отбора и анализа воды на содержание мехпримесей;
- регулярную проверку технического состояния и герметичности эксплуатационных колонн, НКТ и всего фонда скважин; проверка проводится не реже 2-х раз в год.

В Западной Сибири положительные результаты получены при циклической закачке газа и воды на участке Самотлорского месторождения. В этом случае отпадает необходимость бурения специальных скважин, оборудованных под закачку газа. Нагнетание в продуктивные пласты водогазовых смесей позволяет решить проблемы утилизации газа и захоронения подтоварных вод, при этом достигается увеличение коэффициента извлечения нефти из пласта и сбережения газа, который при необходимости может быть извлечен из пласта и использован.

#### **2.6.5. Охрана почвенно-растительного покрова**

При обустройстве месторождения основным видом воздействия на почвенный покров и растительность является изъятие территории в постоянное или временное пользование, что ведет к деформации и частичному уничтожению почвенно-растительного покрова и лесных угодий.

В процессе строительства запроектированных объектов почвенно-растительный покров подвергается следующим видам воздействия:

#### Экология нефтегазового производства

- разрушение естественного почвенно-растительного покрова на отводимых землях;
- нарушение рельефа местности при планировке территории, отсыпке площадок и дорожного полотна, что приводит к смене видового состава растительного покрова;
- засорение территории отходами строительного производства.

Снижение площади отторгаемых земель достигается в результате:

- формирования линейных коммуникаций в виде коридоров минимальной ширины, располагающихся вдоль автомобильных дорог;
- вертикальной компоновки оборудования, сокращения количества объектов путем кооперации на одной площадке объектов различного назначения и использования оборудования с большей производительностью, совмещения площадок ДНС, ПС и КНС, объединения объектов инженерного обеспечения в единую зону.

К основным узлам промышленного оборудования, являющимся источниками загрязнения, относятся:

- устья скважин и прискважинные участки (аварийный разлив нефти при нарушении герметичности в устьевой арматуре, при проведении работ по текущему и капитальному ремонту скважин);
- мерники и трапы групповых и индивидуальных сборных установок (утечки нефти и ее разлив при переливе через верх мерников, очистке мерников и трапов от грязи и парафина);
- сборные резервуарные парки (разлив нефти при спуске сточных вод из резервуаров, переливе нефти через верх резервуаров);
- неплотности или разрыв промышленных нефтесборных и нагнетательных трубопроводов (попадание нефти и пластовых вод на природные объекты);
- нарушения обваловки амбаров и несвоевременная откачка жидкости из них.

В процессе нефтегазодобычи загрязнителями почв могут быть:

- промышленные сточные воды (минерализованные с

различными химическими элементами);

- нефть, нефтепродукты;
- нефтяные эмульсии с нефтеочистных установок;
- отработанные моторные масла, загрязненные водой, механическими примесями и органическими компонентами;
- шламы от очистки резервуаров;
- шламы, замазученные осадки технологических установок;
- утечки, разливы различных химреагентов и препаратов.

В системе сбора и подготовки нефти используются различные реагенты: деэмульгаторы РЕАПОН-4В, серии «Дисолван», Separol WF-41, РЕАПОН-СТХ-1, серии СНПХ, РЕНТА-491, серии ALKAN, серии «Рекорд», серии «Интекс»; деэмульгаторы-ингибиторы коррозии АМ-7, серии РЕАПОН, ингибиторы комплексного действия ТН-10, ТН-11; ингибиторы парафиноотложения «Союз 3000», «Корексит SXT-1050», серии СНПХ, серии СОНПАР, «Интекс 1018Г»; ингибиторы солеотложения «Союз 4000», серии СНПХ, «Инкредол»; бактерициды серии СНПХ, «Гекор-3090», «Напор-1007» и др.

Загрязнения почв и грунтов можно условно разделить на три типа: нефтяное загрязнение, загрязнение нефтепромысловыми сточными водами и смешанное. Распространенным является загрязнение нефтью почвенного покрова территории промысла в результате утечек, разливов местного характера (рис. 2.20).

Нефть, попадая на поверхность земли, впитывается в грунт и нарушает азотный режим почв, соотношение между углеродом и азотом, в почве концентрируется марганец, молибден, кобальт, цинк и др. Кислород, необходимый для питания

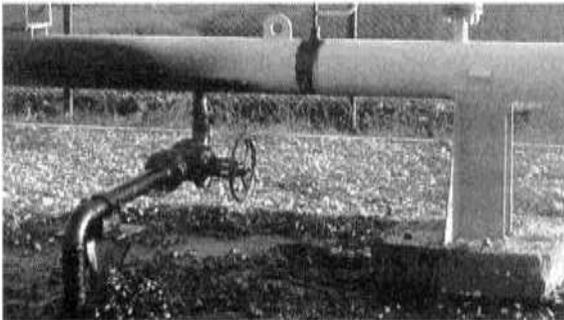


Рис. 2.20. Утечки нефти

растений и микроорганизмов, расходуется на окисление и разложение углеводов нефти. Плодородие почвы не восстанавливается в течение длительного периода времени.

Места разлива нефтепродуктов следует немедленно зачищать путем снятия слоя земли глубиной, превышающей на 1- 2 см глубину проникновения в грунт нефтепродуктов. Выбранный грунт должен быть удален в специально отведенное место (хранилище), а образовавшаяся выемка засыпана свежим грунтом или песком.

Вредное действие нефти на почву и растительность усиливается наличием в ней высокоминерализованных пластовых вод. Подвижные пластовые и сточные воды нефтяных промыслов, отличающиеся физико-химическими свойствами и содержащие различные вредные вещества (газ, нефть, соли и т.д.), из-за своей токсичности крайне отрицательно воздействуют на живые организмы и растительный мир. При разливе высокоминерализованных вод на плодородный слой земли вероятный период восстановления почвы составляет около 20 лет. Хронические разливы нефти, нефтепродуктов, соленых пластовых вод приводят к потере продуктивности земель и деградации ландшафтов.

Нарушения природного равновесия в районах добычи нефти наблюдаются при обустройстве промыслов и нередко сопровождаются нарушением растительного покрова почвы, особенно при строительстве трубопроводов, временных дорог, линий электропередач, площадок под будущие поселки и др. Заметные нарушения почвы допускаются бессистемными передвижениями по территории нефтегазопромысловых транспортных машин, тракторов, тягачей и землеройной техники. В качестве примера пагубного воздействия на растительный мир можно привести ситуацию, сложившуюся в тундре Западной Сибири, где из-за гибели ягеля резко сократились олени пастбища. На ОС пагубно воздействуют также горящие факелы. Помимо загрязнения атмосферного воздуха в радиусе до 200 м, в зависимости от состава газа, сжигаемого на факеле, и его объема происходит угнетение растительности, а на расстоянии до 3 км от факела могут сохнуть и сбрасывать листья деревья.

Для ограничения негативного воздействия при загрязнении объектов промысла устанавливаются санитарно-защитные зоны в соответствии с санитарными нормами. Так, например, для объектов промысла (скважины, АГЗУ) устанавливается зона размером 300 м, сепарационных установок - до 1000 м.

Для предотвращения загрязнения почвы и сохранения рас-

тительного мира необходимо:

- осуществлять полную герметизацию процессов сбора, подготовки и транспорта продукции скважин по всей технологической цепи с утилизацией отходов;
- своевременно проводить планово-предупредительный ремонт скважин, водонефтепроводов, технологических установок;
- при капитальных и подземных ремонтах скважин использовать герметичные емкости для сбора нефти и пластовых вод;
- обязательно производить доподъем цементного раствора за кондуктором и эксплуатационной колонной в старом фонде скважин до устья;
- поддерживать в исправном состоянии и чистоте обвалование куста скважин, резервуара (или их группы);
- для защиты поверхности земли от разливов нефти и нефтепродуктов предусматривать в групповых замерных установках автоматическую блокировку скважин в случае аварийного состояния коллекторов;
- оснащать резервуары сигнализацией максимального уровня и автоматической защитой их от перелива;
- замену прокладок и запорной арматуры на трубопроводах проводить только после освобождения от нефтепродуктов и отключения от действующих трубопроводов задвижками с установкой заглушек;
- проводить антикоррозионную защиту аппаратов, оборудования и их обвязки;
- не допускать попадания химреагентов в почву при их хранении и применении;
- не допускать разлива нефтепродуктов;
- применять аварийные емкости для сброса жидкой фазы с технологического оборудования;
- использовать факельную установку для аварийного сброса газовой фазы с технологического оборудования с автоматическим поджогом газа;
- проводить строительство ледовых дорог с учетом особенностей северных районов;
- строго регламентировать передвижение транспортных средств в зонах промышленных и сельскохозяйственных земель;
- проводить рекультивацию земель (РД 39-01447103-365-86);
- применять современные средства микробиологической и прочей очистки почв от загрязнений;
- на промыслах иметь запас сорбентов (резиновая крошка, пенополиуретан, текстильный горошек) на случай аварийного разлива нефти;

- не допускать сжигания разливов нефти на поверхности почвы.

Простым, но надежным способом предотвращения растекания загрязняющих стоков по территории промышленных объектов является обваловка площадок с технологическим оборудованием. Сбор дождевых и талых вод должен производиться в емкости, установленные на площадках, имеющих гидроизоляционное покрытие (бетонная стяжка толщиной не менее 100 мм с уклоном не менее 0,03). В местах налива добываемой продукции в автотранспорт на площадке должен быть установлен поддон размером не менее 1х1 м.

### 2.6.6. Охрана воздушной среды

При нефтегазодобыче множество объектов и различные технологические процессы служат источниками утечек углеводородов и других рабочих агентов. При обустройстве промысла в системе сбора и подготовки нефти, газа и воды широко используются герметизированные блочные установки различных модификаций. Несмотря на кажущуюся полную герметизацию всех технологических процессов имеют место потери газообразных компонентов. Это в первую очередь потери за счет сжигания попутного газа. Ежегодно нефтяники сжигают более 15 млрд м<sup>3</sup> газа. Так, согласно данным статистики, в настоящее время только по Западной Сибири сжигается более 5 млрд м<sup>3</sup> газа. Потери нефтяного газа формируются в основном за счет отсутствия системы его сбора с удаленных месторождений, доля которых по Западной Сибири продолжает увеличиваться. Вместе с тем, из попутного газа можно извлекать полезные элементы, после чего остатки закачивать в месторождения.

Загрязняющие воздух вещества на объектах промысла поступают в атмосферу в виде организованных и неорганизованных выбросов. Источниками организованных выбросов являются:

- резервуары, пруды-отстойники, нефтеловушки, шламо-накопители (испарение легких фракций нефти);
- некоторые виды технологического оборудования (сепарационные установки, ДНС, УКПН и УКПГ, КС и т.д.): поступление загрязнителей в атмосферу происходит за счет утечек, разливов;
- системы вентиляции производственных помещений, ДВС, дизель-электрические станции и др.

Источниками неорганизованных выбросов являются:

- нефтяные и газовые скважины;
- АГЗУ;

Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

- нефтесборные пункты;
- установки предварительного сброса воды;
- блок реагентов;
- промышленные базы;
- вахтенные комплексы;
- продувочные свечи (при ремонтных работах);
- дымовые трубы печей, подогревателей, котельных;
- факельные установки;
- промысловые нефтегазопроводы;
- нефтеловушки, пруды дополнительного отстоя;
- сливо-наливные эстакады;
- спецтехника (А-50, ППУ-2, ЦА-320, ЦА-СИН35, СИН31, СИН34), дорожно-строительная техника;
- сварочные посты (агрегаты) и проч.

Вероятность неорганизованных выбросов в ОС повышается в течение первых лет работы сооружений вследствие некачественного (непродуманного) выполнения проектных, строительных, монтажных, сварочных работ и заводских дефектов оборудования. Затем вероятность аварийных выбросов снижается за счет доработки и устранения погрешностей и вновь возрастает по мере старения оборудования.

Анализ выбросов показывает, что основное количество попадает в атмосферу при продувке скважин, вторых стволов; после капитального ремонта скважин; при проведении исследовательских работ; потери газа на КС достигает до 30%.

К наиболее распространенным загрязнителям атмосферы на промысле относятся: сернистый ангидрид, сероводород, окислы азота и серы, углеводороды, механические взвеси, пыль, копоть, сажа, одорант СПМ. При сгорании сероводорода образуется сернистый ангидрид, превращающийся во влажной атмосфере в серную кислоту, выпадающую на землю в виде кислотных дождей и снега. В нефтегазовых районах (особенно в Западной Сибири) в значительных количествах сжигается уголь, мазут, что вызывает загрязнение атмосферы копотью, окисью углерода, окислами серы, соединениями мышьяка и другими вредными веществами.

По токсичности все вредные вещества, используемые в современном газовом производстве, в порядке убывания их опасности для человека можно расположить в такой последовательности: сероводород, окислы азота, серный ангидрид, сернистый ангидрид, меркаптаны, аммиак, метанол, углеводороды, окись и двуокись углерода.

Особенно опасны вредные выбросы при аварийном фонтанировании, опробовании и испытании скважин, испарениях в

открытых амбарах и очистных сооружениях, разрывах трубопроводов, очистке технологических емкостей. В парообразном состоянии большой объем нефти и конденсата выделяется в атмосферу через неплотности оборудования и арматуры. Установлено, например, что при нормальной работе один насос в течение 1 часа выделяет до 1 кг газов и паров, а один компрессор - до 3 кг.

Источниками сернистого ангидрида, окиси углерода, сажи являются факельные системы, на которые подаются вредные газопарообразные вещества из технологических установок, коммуникаций и предохранительных устройств. При сгорании нефтяного газа происходит существенное загрязнение воздушного бассейна. При этом наблюдается угнетение растительности и нарушение фоновое растительного покрова на расстоянии до 4 км от места сгорания. Высокой миграционной способностью обладают углеводороды и алканы (до 15 км), сероводород (5-10 км), окислы азота и сернистый газ (1-3 км).

Учитывая вредность газовыделений для человека, члены бригад в опасных ситуациях должны применять индивидуальные средства защиты и контролировать содержание вредных загрязнителей воздуха (табл. 2.9).

Вредное действие сероводорода нейтрализуют путем смешивания газа с окислительным поглотительным раствором на основе природного бишофита с последующей регенерацией поглотительного раствора активированным воздухом.

Таблица 2.9

**Перечень средств  
индивидуальной защиты  
и контрольно-измерительных  
приборов**

**Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**

№ п/п	Наименование	Ед. измерения	Шифр	ГОСТ, ТУ
1	Изолирующий противогаз	шт.	ИП-4	ТУ ВТ 9-083.000 ФО ТУ 5697
2	Газоанализатор	-«-	АМ-5 или АУЭР	ТУ 12.43.01.166-86
3	Трубки индикаторные на H <sub>2</sub> S	пачка	-	-«-
4	Трубки индикаторные на углекислый газ СО <sub>2</sub>	-«-	—	—
5	Оповещательная сирена	шт.	—	ТУ 372-0100022-6862-00
6	Носилки медицинские	-«-	-	-
7	Аптечка медицинская	-«-	-	-
8	Многоточечный стационарный газоанализатор для сероводорода	-«-	Модель 1201, фирма «Бейкер Трейдинг», США	
9	Карманный газосигнализатор сероводорода	-«-	ЕС-80, фирма «Рикен-Кейки», Япония	
10	Переносной газоанализатор на H <sub>2</sub> S	-«-	Анкат-7631М	
11	Газоанализатор (измеритель 70 веществ, в том числе H <sub>2</sub> S)	-«-	<b>КОЛИОН-1В-03</b>	ГОСТ P51330.0-99, ГОСТ P51330.10-99
12	Переносной газоизмерительный прибор для непрерывного контроля за концентрацией до 3-х газов (СО, H <sub>2</sub> S, O <sub>2</sub> )	-«-	Arager X-аш 3000	
13	Стационарные газоанализаторы	-«-	ЭССА	—
14	Индивидуальный однокомпонентный газоанализатор	-«-	СЕАН	
15	Индивидуальный двухкомпонентный газоанализатор	-«-	ДЕГА	

Основные мероприятия по охране атмосферного воздуха должны быть направлены на обеспечение соблюдения нормативов качества воздуха рабочей зоны, а также на сокращение вредных выбросов в атмосферу до нормативного уровня от всех источников загрязнения на всех стадиях работ.

**С целью максимального сокращения вредных веществ в**

атмосферу от технологических сооружений должны предусматриваться следующие решения:

- полная герметизация технологических процессов сбора нефти;
- автоматизация основных технологических процессов;
- дистанционный контроль и управление технологическим процессом;
- установка в наиболее опасных местах автоматических сигнализаторов состояния воздушной среды;
- дренаж содержимого в оборудовании и трубопроводах в специальные герметичные емкости с последующим возвратом продукта в процесс;
- защита подземных трубопроводов от почвенной коррозии путем изоляции усиленного типа на основе полимерных материалов, а также электрохимическая защита;
- защита от атмосферной коррозии наружной поверхности надземных трубопроводов, аппаратов и оборудования лакокрасочными материалами;
- заключение подземных трубопроводов при переходах через автодороги в защитные футляры из электросварных труб;
- проверка на прочность и герметичность трубопроводов, аппаратов, оборудования после монтажа; 100%-й контроль сварных швов;
- ввод ингибиторов коррозии в выкидные нефтегазовые трубопроводы;
- контроль воздушной среды на устьях скважин; сброс в факельную свечу аварийных утечек с предохранительных клапанов с автоматическим розжигом;
- применение при сжигании попутного газа на факелах вставки по сероочистке газа;
- оснащение емкостного оборудования запорной, регулирующей и предохранительной арматурой, а также приборами КИП и А.

Нарушение правил выброса в атмосферу загрязняющих веществ влечет за собой наказание в виде штрафа в сумме от 100 до 200 минимальных размеров оплаты труда.

Рассмотрим в качестве примера охрану атмосферного воздуха на компрессорной станции. Выбросы вредных веществ можно разделить на две основные группы:

- выбросы природного газа;
- выбросы продуктов сгорания (выхлопные газы).

Выбросы природного газа, где основным компонентом является метан, происходят в следующих ситуациях:

- пуски и остановки газоперекачивающего агрегата;

#### Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

- утечки в уплотнениях штоков, запорной арматуры, компрессоров, во фланцевых и резьбовых соединениях предохранительных клапанов и других технологических узлах;

- ремонтные работы, аварийные ситуации и др.

Утечки газа определяются визуальным способом и портативными газоанализаторами метана в атмосферном воздухе.

Под аварией понимается повреждение системы, приводящее к частичной разгерметизации или полному разрыву с выбросом под большим давлением вредных веществ в атмосферу в количествах, которые могут вызвать массовое поражение людей и ОС. В среднем за год при авариях выбрасывается более 200 млн м<sup>3</sup> природного газа.

Выбросы продуктов сгорания происходят при применении в качестве привода компрессоров ДВС, турбин или газотурбокомпрессоров.

## 2.7. ОХРАНА НЕДР ПРИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ

Охрана недр проводится в соответствии требованиями закона РФ «О недрах» и «Правил охраны недр» (ПБ 07-601-03). Недра являются природной средой, на которую постоянно оказывает влияние инженерно-хозяйственная деятельность людей. Поэтому охрана недр направлена на обеспечение высокой эффективности добычи полезных продуктов и безаварийного производства. Главным в процессе эксплуатации промышленных объектов является предупреждение проникновения нефтепродуктов и сточных вод в элементы ОС.

### 2.7.1. Охрана недр при строительстве скважин

Охрана недр при строительстве скважин предусматривает выполнение комплекса мероприятий, направленных на предотвращение выбросов, открытого фонтанирования, грифообразования, обвалов стенок скважин, поглощений бурового раствора, загрязнения подземных вод и других осложнений. Для качественной изоляции нефтяных, газовых и водоносных интервалов в скважинах необходимо обеспечивать герметичность обсадных колонн и высокое качество их цементирования. Особое внимание необходимо уделять правильному подбору тампонирующих свойств цементного раствора, его способности противостоять процессам разложения и разрушения, а также совместимости тампонирующих свойств со свойствами пластовых флюидов и горных пород в соответствии с требованиями ГОСТ

1581-96. Особенно высокие требования, касающиеся конструкции, герметичности и прочности обсадных колонн, а также качества их крепления, предъявляются к газовым и газоконденсатным скважинам и скважинам, используемым для подземного хранения газа.

Перед началом бурения скважины проверяются, приводятся в исправное положение паропроводы, циркуляционная система, блок приготовления бурового раствора, склад хранения химреагентов, гидроизоляция шламовых амбаров, территория под буровой вышкой, емкости ГСМ и другие промышленные сооружения, где возможна утечка жидкости, содержащей вредные вещества.

Устье скважины после спуска кондуктора или промежуточной обсадной колонны оборудуется превенторной установкой. Обязанность превенторов должна выполняться по типовой схеме, утвержденной территориальным геологическим управлением и согласованной с органами Ростехнадзора и военизированной частью по предупреждению и ликвидации нефтяных и газовых фонтанов.

Для охраны недр необходимо проводить следующие технические и технологические мероприятия:

- выбор конструкции скважины в соответствии с проектными рекомендациями;

- соблюдение требований «Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности»;

- обеспечение герметизации кондуктора, направления и эксплуатационной колонны в соответствии с «Инструкцией по испытанию скважин на герметичность»;

- предотвращение ухудшения коллекторских свойств продуктивных пластов, принятие мер для сохранения их естественного состояния при вскрытии, креплении и освоении;

- применение комплекта противовыбросового оборудования на устье скважины, регулирующих клапанов системы промывки скважины под давлением, КИП, обеспечивающих постоянный контроль над бурением скважин, в целях предотвращения неконтролируемых выбросов, обвалов стенок скважин и межпластовых перетоков, флюидопроявлений и открытых фонтанов;

- использование высококачественного глинистого раствора, формирующего на стенке скважины тонкую низкопроницаемую корку для обеспечения низкой водоотдачи раствора и малой глубины проникновения фильтрата раствора в пласт при бурении скважины;

- применение высокопрочных и высокогерметичных обсадных труб, смазок типа Р-402, Р-2МПВ для предотвращения

нарушения целостности колонн при добыче нефти;

- ограничение скорости спуска бурильного инструмента и обсадных колонн (не более 1,4 м/с) для предупреждения гидроразрыва горных пород (что в последующем может привести к поглощениям бурового раствора или ГНВП);

- применение технологической оснастки низа колонн, тампонажного раствора с низкой водоотдачей и современных технологий цементирования совместно с предусмотренным комплексом методов контроля процесса цементирования и качества цементирования колонн для обеспечения долговечности и надежности службы скважины как горной крепи в соответствии с «Инструкцией по креплению нефтяных и газовых скважин»;

- использование способов защиты подземных вод во время бурения, которые направлены на недопустимость их загрязнения и на предотвращение возможности смешения вод разных горизонтов;

- обучение персонала методам предупреждения ГНВП.

При охране недр в ММП запрещается строительство кустовых площадок путем сдвига местного грунта. Площадка отсыпается привозным грунтом (песком). Высота насыпи должна быть не менее 1,5 м, что предотвращает растепление ММП. В основание площадок дополнительно может быть уложен гео- текстильный материал, снижающий воздействие на ММП и предотвращающий перемешивание отсыпного грунта с грунтом основания.

Плата за загрязнение ОС взимается за выбросы в атмосферу, сброс в водоемы и почву токсичных веществ, размещение отходов на свалках и полигонах и проч. За сверхнормативное загрязнение ОС, превышающее уровень ПДК и ПДВ, предусматриваются дополнительные платежи. В законе «Об охране окружающей среды» предусмотрено поощрение государственных и иных предприятий, внедряющих у себя малоотходные и безотходные технологии, утилизирующие вторичные ресурсы, проводящие иные природоохранные мероприятия. Такие предприятия получают льготы по налогообложению и кредитованию. Предприятия, выпускающие экологически чистую продукцию, имеют право на установление надбавок к цене на производимые изделия. Вместе с тем за экологические правонарушения должностные лица и граждане РФ несут дисциплинарную, административную, материальную или уголовную ответственность.

### **2.7.2. Охрана недр при эксплуатации скважин**

Задача охраны недр при нефтегазодобыче состоит в осуществлении системы мероприятий по предотвращению потерь нефти, газа и конденсата, недопущению неправильной разработки нефтяных и газовых залежей и эксплуатации скважин, что может привести к преждевременному обводнению или дегазации пластов, перетокам жидкости между продуктивными и непродуктивными горизонтами, нарушению прочности колонны и цемента за ней, разрушению нефтегазосодержащих коллекторов и иным явлениям, ухудшающим состояние недр.

Контроль над охраной недр, особенно в осложненных условиях, должен быть тщательно и целенаправленно спланирован, а его осуществление должно носить систематический характер. При этом объектом контроля должна быть не только продуктивная часть разреза месторождения, но и наравне с ней приповерхностная зона ствола скважины.

Наземное технологическое оборудование должно обеспечить сбор и подготовку к транспорту или хранению не только основного полезного ископаемого, но и попутно добываемых кондиционных продуктов (конденсата, серы, инертных газов, микроэлементов и т.д.).

Работа эксплуатационных и нагнетательных скважин должна осуществляться в соответствии с технологическим режимом, определяющим по каждой отдельной скважине оптимальные величины дебита нефти, газа и пластовой воды, давления на устье, депрессии на эксплуатируемый пласт, периоды эксплуатации и проч. Отборы жидкости или газа и депрессия на пласт должны подбираться так, чтобы обеспечить сохранность скелета пласта и не допустить подтягивания языков и конусов воды к забоям скважин.

Для охраны недр необходимо проводить следующие мероприятия:

- организация регулярного контроля над состоянием скважин и нефтепромыслового оборудования;
- выбор технологий, обеспечивающих комплексное рациональное использование всех природных ресурсов и исключаящих или снижающих вредное влияние технологических процессов на ОС;
- организация геологического и экологического мониторинга ОС; оценка их текущего состояния;
- предотвращение выброса и открытого фонтанирования нефти и газа;
- обеспечение сохранности эксплуатационной колонны и цементного кольца за ней;

#### Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

- размещение инженерных сооружений на площадках с твердым покрытием;
- обеспечение полной герметизации технологических процессов;
- организация автоматического контроля над технологическими процессами, предотвращение аварийных ситуаций;
- организация утилизации и захоронения производственных и бытовых отходов;
- обеспечение антикоррозионной защиты оборудования и промысловых коммуникаций; применение ингибиторов коррозии.

### 2.7.3. Консервация скважин

Особое значение с точки зрения охраны недр имеет правильное проведение работ по консервации и ликвидации скважин. Своевременное и качественное проведение изоляционно-ликвидационных работ в скважинах, подлежащих консервации или ликвидации, способствует предупреждению их отрицательного влияния на сохранность и рациональное использование природных ресурсов.

Консервация и ликвидация скважин должны проводиться в соответствии с инструкцией «О порядке ликвидации, консервации скважин и оборудования их устьев и стволов» (РД 08- 492-02).

Все категории скважин (опорные, параметрические, разведочные, эксплуатационные, нагнетательные, контрольные, специальные и др.) подлежат консервации (как и ликвидации). Эти виды работ должны обеспечить сохранность месторождений, безопасность жизни и здоровья населения, охрану ОС. Консервация (ликвидация) должна осуществляться в соответствии с проектной документацией в сроки, согласованные с территориальными органами Ростехнадзора.

Если длительность консервации скважины по той или иной причине превысит (или может превысить) сроки, предусмотренные проектом разработки, или превысит 15 лет, и по заключению независимой экспертизы возникнет реальная угроза нанесения вреда окружающей природной среде, имуществу, жизни и здоровью населения, то по требованию соответствующего органа государственного надзора и контроля пользователь недр обязан разработать и реализовать дополнительные меры безопасности, исключаящие риск возникновения аварийной ситуации, или ликвидировать скважину.

Временная приостановка деятельности объекта в связи с экономическими причинами (отсутствие спроса на сырье и т.п.)

может осуществляться без консервации скважин на срок до 6 месяцев при условии выполнения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, охраны недр и ОС на весь срок приостановки, согласованных с территориальными органами Ростехнадзора России.

Временная консервация скважин производится в процессе строительства, после его окончания и в процессе эксплуатации.

Консервация скважин в процессе строительства производится в случаях:

- консервации части ствола скважин, защищенного обсадной колонной, при сезонном характере работ - на срок до продолжения строительства;
- разрушения подъездных путей в результате стихийных



бедствий - на срок, необходимый для их восстановления;

- несоответствия фактических геолого-технических условий проектным - на срок до уточнения проектных показателей и составления нового технического проекта строительства скважин.

Для консервации скважины со спущенной (неперфорированной) колонной необходимо:

- спустить в скважину бурильный инструмент или колонну НКТ до глубины искусственного забоя;

- обработать буровой раствор с доведением его параметров в соответствии с проектом на строительство скважины, добавить ингибитор коррозии;

- приподнять колонну труб на 50 м от забоя, верхнюю часть скважины заполнить незамерзающей жидкостью (соляровым маслом, раствором хлористого кальция);

- загерметизировать трубное и затрубное пространство скважины;

- провести консервацию бурового оборудования;

- на устье скважины укрепить металлическую табличку с указанием номера скважины, времени начала и окончания консервации скважины и организации-владельца;

- оградить устье скважины (кроме скважин на кустовых площадках); на ограждении укрепить табличку с указанием номера скважины, месторождения, предприятия - пользователя недр, срока консервации; провести планировку прискважинной площадки.

Консервации подлежат все категории скважин, законченных строительством, на срок до их передачи заказчику для дальнейшей организации сбора и подготовки нефти, газа и воды.

В процессе эксплуатации подлежат консервации:

- эксплуатационные скважины на нефтяных и газовых месторождениях после того, как величина пластового давления в них достигает давления насыщения или начала конденсации - на срок до восстановления пластовых давлений, позволяющих вести их дальнейшую эксплуатацию;

- добывающие скважины в случае прорыва газа, газовых шапок к забоям - на срок до выравнивания газонефтяного контакта;

- эксплуатационные и нагнетательные скважины в случае прорыва пластовых или закачиваемых вод - на срок до про-



ведения работ по изоляции, до выравнивания фронта закачиваемой воды или продвижения водонефтяного контакта;

- эксплуатационные скважины, эксплуатация которых прервана по требованию государственных органов надзора и контроля, - на срок до проведения необходимых мероприятий по охране недр, ОС и т.п.

При проведении работ по консервации скважин необходимо:

- поднять из скважины подземное оборудование;
- спустить НКТ, промыть ствол скважины, очистить интервал перфорации;
- ствол скважины заполнить нейтральной жидкостью, исключающей коррозионное воздействие на колонну и обеспечивающей сохранение коллекторских свойств продуктивного горизонта и необходимое противодействие на пласт. Верхнюю часть скважины заполнить незамерзающей жидкостью.

На месторождениях с высоким содержанием сероводорода при консервации скважина заполняется раствором, обработанным нейтрализатором. Над интервалом перфорации должен быть установлен цементный мост высотой не менее 100 м. Лифтовая колонна должна быть приподнята над цементным мостом не менее чем на 50 м или извлечена из скважины. После установки цементного моста трубное и затрубное пространство скважины должно быть заполнено раствором, обработанным нейтрализатором. Штурвалы задвижек арматуры консервируемой скважины должны быть сняты, крайние фланцы задвижек оборудованы заглушками, манометры сняты и патрубки загерметизированы. Устье скважины должно быть ограждено, на ограждении установлена металлическая таблица с указанием номера скважины, наименования месторождения и надписью «Опасно, сероводород!»

Контроль над техническим состоянием законсервированных скважин осуществляется исходя из конкретных горно-геологических условий по согласованию с органами Ростехнадзора (но не реже двух раз в год - для скважин, законсервированных после окончания строительства, и одного раза в квартал - в процессе эксплуатации, если в них установлены цементные мосты). Результаты проверок отражаются в специальных журналах. Контроль над состоянием фонда законсервированных скважин проводится с целью исключения опасности, которая заключается в том, что из-за длительного простоя разрушаются цементные мосты, подвергаются коррозии металлические части скважин, что ведет к потере герметичности - возникают открытые газонефтяные

фонтаны, разливы нефти, пожары, засоление почв и пресных вод. Одна из крупных экологических аварий по этим причинам произошла на Северо-Алясовской площади Ханты-Мансийского автономного округа в 1975 г. Скважина №35 была пробурена в 1958 г. на острове реки Обь (вблизи поселка Березово). В результате ежегодных размывов берегов она оказалась в русле реки, устье скважины повредил ледоход. Газовый фонтан удалось ликвидировать только через полгода.

#### 2.7.4. Ликвидация скважин

Все ликвидируемые скважины в зависимости от причин ликвидации подразделяются на 4 категории:

- 1) скважины, выполнившие свое назначение;
- 2) скважины, ликвидируемые по геологическим причинам;
- 3) скважины, ликвидируемые по техническим причинам;
- 4) скважины, ликвидируемые по технологическим, экологическим и другим причинам.

К первой категории относятся:

- скважины, выполнившие задачи, предусмотренные проектом строительства;
- скважины, пробуренные как добывающие, а после обводнения переведенные в контрольные, нагнетательные и другие, при отсутствии необходимости их дальнейшего использования.

Ко второй категории относятся:

- скважины, доведенные до проектной глубины, но оказавшиеся в неблагоприятных геологических условиях, т.е. в зонах отсутствия коллекторов, законтурной области нефтяных и газовых месторождений, давшие непромышленные притоки нефти, газа, воды, а также скважины, где были проведены работы по интенсификации притока, которые не дали результатов;
- скважины, не вскрывшие проектный горизонт и не доведенные до проектной глубины из-за несоответствия фактического геологического разреза проектному, вскрытия в разрезе непреодолимых препятствий (катастрофические зоны, поглощения, обвалы, высокопластичные породы);
- скважины, оказавшиеся «сухими», не давшие притока, и т.п.

К третьей категории относятся:

- скважины, на которых возникли открытые фонтаны, пожары, следствием которых явилась потеря ствола скважины, а также аварии с бурильным инструментом, техническими или эксплуатационными колоннами, внутрискважинным и устьевым оборудованием, геофизическими приборами и кабелем, аварии

из-за некачественного цементирования;

- скважины, где произошел приток пластовых вод при освоении, испытании или эксплуатации, изолировать которые не представляется возможным;

- скважины, на которых выявлена негерметичность эксплуатационной колонны в результате ее коррозионного износа вследствие длительной эксплуатации в агрессивной среде;

- скважины с разрушенными в результате стихийных бедствий (землетрясения, оползни) устьями или возникновением реальной опасности оползневых явлений или затопления;

- скважины при смятии, сломе обсадных колонн в интервалах залегания солей, глин, ММП.

К четвертой категории относятся:

- скважины, законченные строительством и не пригодные к эксплуатации из-за несоответствия прочностных и коррозионно-стойких характеристик эксплуатационной колонны фактическим условиям;

- скважины, не пригодные к эксплуатации в условиях проведения тепловых и газовых методов воздействия на пласт;

- скважины, законсервированные в ожидании организации добычи, если срок консервации составляет 10 и более лет и в ближайшие 5 лет не предусмотрен их ввод в эксплуатацию, или по данным контроля над техническим состоянием колонны и цементного камня дальнейшая консервация нецелесообразна;

- скважины, расположенные в санитарно-защитных зонах населенных пунктов, водоохраных зонах рек, водоемов, запретных зонах, по обоснованным требованиям уполномоченных органов;

- скважины, расположенные в зонах, где изменилась геологическая обстановка, повлекшая за собой изменение экологических, санитарных требований и мер безопасности, и возникло несоответствие эксплуатации скважин статусу этих зон.

Перед проведением ликвидационных работ необходимо осуществлять качественные изоляционно-ликвидационные работы в скважине. Осложнения и аварии, возникшие в процессе изоляционно-ликвидационных работ или в процессе исследования технического состояния скважин, ликвидируются по дополнительным планам, согласованным с региональными органами Ростехнадзора России. Ликвидация скважин с межколонным давлением, заколонными перетоками, грифонами допускается только после их устранения.

Конкретный план ликвидации скважины разрабатывается

пользователем недр с учетом местных условий, нормативных документов и согласовывается с территориальными органами Ростехнадзора.

Ликвидация скважин может осуществляться без эксплуатационной колонны и со спущенной колонной. Ликвидация скважины без эксплуатационной колонны в зависимости от горно-геологических условий вскрытого разреза производится путем установки цементных мостов в интервалах залегания высоконапорных минерализованных вод и слабопродуктивных, не имеющих промышленного значения залежей углеводородов. Высота цементного моста должна быть на 20 м ниже подошвы и на столько же выше кровли каждого такого горизонта. Над кровлей верхнего пласта с минерализованной водой, а также на границе залегания пластов с пресными и минерализованными водами (если они не перекрыты технической колонной) устанавливается цементный мост высотой 50 м. В башмаке последней технической колонны устанавливается цементный мост с перекрытием башмака колонны не менее чем на 50 м. Скважина заполняется нейтральной жидкостью, кондуктор - нейтральной незамерзающей жидкостью.

На устье скважины устанавливается бетонная тумба размером 1х1х1 м с репером высотой не менее 0,5 м и металлической таблицей, на которой электросваркой указываются номер скважины, месторождение (площадь), предприятие - пользователь недр, дата ее ликвидации. При расположении скважины на землях, используемых для сельскохозяйственных целей, устья скважины углубляются не менее чем на 2 м от поверхности земли, оборудуются заглушкой, установленной на кондукторе (технической колонне), и таблицей с вышеупомянутыми данными. Заглушка покрывается материалом, предотвращающим ее коррозию, и устье скважины засыпается землей. Выкопировка плана местности с указанием месторасположения устья ликвидированной скважины передается землепользователю, о чем делается соответствующая отметка в деле скважины и акте на рекультивацию земельного участка.

Оборудование стволов при ликвидации скважин со спущенной эксплуатационной колонной производится следующим образом. При подъеме цемента за эксплуатационной колонной выше башмака предыдущей колонны (технической колонны или кондуктора) устанавливаются цементные мосты против всех интервалов перфорации, интервалов негерметичности, в местах стыковки при секционном спуске эксплуатационной и технической колонн, в интервале башмака кондуктора (технической колонны).

Ликвидация скважин со смятой эксплуатационной колонной производится путем установки цементных мостов в интервалах перфорации и смятия колонн на 20 м ниже и на 100 м выше этих интервалов перфорации и смятия колонн. Скважина заполняется нейтральной жидкостью. Устье скважин оборудуется аналогично вышеописанным способом.

На месторождениях с высоким содержанием сероводорода при ликвидации скважин (с эксплуатационной колонной или без нее) продуктивный пласт должен перекрываться цементным мостом по всей его мощности и на 100 м выше кровли. Если эксплуатационная колонна в ликвидированную скважину не спущена, то в башмаке последней промежуточной колонны дополнительно должен устанавливаться цементный мост высотой не менее 100 м. Тампонажный материал, используемый для установки мостов, должен быть коррозионностойким и соответствовать требованиям, предусмотренным рабочим проектом на строительство скважины для цементирования обсадных колонн в интервалах пласта, содержащего сероводород.

По окончании ликвидационных работ устье скважины должно оборудоваться колонной головкой и задвижкой высокого давления в коррозионном исполнении, а также отводами для контроля давлений в трубном и межколонном пространствах. Вокруг устья скважины оборудуется площадка размером 22 м с ограждением. На ограждении устанавливается металлическая табличка, на которой указываются номер скважины, наименование месторождения, пользователь недр, дата окончания бурения, а также помещается надпись: «Осторожно, сероводород!»

После проведения ликвидационных работ через месяц, 6 месяцев и далее, с периодичностью не реже одного раза в год, должен проводиться контроль давлений в трубном и межколонном пространствах, а также контроль воздуха вокруг устья скважины и в близлежащих низинах на содержание сероводорода. Результаты замеров оформляются соответствующими актами.

Все материалы по ликвидированной скважине должны быть сброшюрованы, заверены печатью и подписями. Материалы должны храниться у пользователя недр. Итоговые данные по ликвидации скважин должны направляться в Ростехнадзор России.

## **2.8. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ТРУБОПРОВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

Трубопроводный транспорт считается наиболее экономичным и

чистым видом транспорта. Современные нефтегазопроводы являются сложными инженерными сооружениями, протяженность которых составляет сотни и тысячи километров. Трубопроводы проходят через различные климатические зоны, на их пути встречаются реки и болота, вечная мерзлота и пустыни, автомобильные и железные дороги. Отдельные участки трубопроводов могут проходить под водой, над землей. Трубопроводы - это не только сваренные в одну нитку стальные трубы. В состав трубопроводов входят соединительные детали (отводы, тройники, заглушки), запорная арматура (крановые узлы, задвижки), узлы врезок, ответвлений и др. Через определенные промежутки в трубопроводы встраиваются насосные перекачивающие станции, компрессорные.

Замкнутая система транспортировки нефти и газа под высоким давлением представляет собой большую опасность во время порыва трубопроводов, т.к. при этом загрязняются земли, почвы, вода и атмосфера. Аварии часто приводят к человеческим жертвам и значительным материальным ущербам.

### **2.8.1. Характеристика трубопроводного транспорта**

Магистральные нефтепроводы занимают значительное место в общей транспортной системе страны, на их долю приходится около 10% перевозок всех народнохозяйственных грузов. Нефтепроводами осуществляется 48% перевозок всех нефтегрузов, перевозимых всеми видами транспорта. На территории России эксплуатируется более 200 тыс. км магистральных и 350 тыс. км промысловых нефтяных и газовых трубопроводов, они 5000 раз пересекают различные водные преграды. Только в системе «Транснефть» эксплуатируется 46 тыс. км магистральных нефтепроводов.

К сожалению, ежегодно в России происходит не менее 20 тыс. разливов нефти. В результате загрязнения нефтью концентрации нефтепродуктов в водных бассейнах густонаселенных городов в 9-15 раз превышает предельно допустимые нормы. Экстремальное загрязнение почвы нефтепродуктами в 150-200 раз выше фоновых значений, и тысячи гектаров земли частично или полностью исключаются из хозяйственного оборота.

Развитие сети магистральных трубопроводов сопровождается непрерывным повышением уровня технической оснащенности трубопроводов. Так, например, освоен технологический процесс перекачки «из насоса в насос», уменьшающий потребность в

резервуарной емкости, широкое внедрение получила периодическая очистка нефтепроводов и безрезервуарный метод приема и сдачи нефти. Большие работы выполнены по освоению новой техники и эксплуатации нефтепроводов больших диаметров. Широкое развитие получили автоматизация и телемеханизация магистральных нефтепроводов, что повышает их надежность.

Магистральные нефтепроводы остаются основным видом транспорта нефти, а для вновь вовлекаемых в разработку месторождений северных районов, Западной и Восточной Сибири, шельфовых месторождений - единственным видом транспорта.

Высокие темпы развития трубопроводного транспорта неразрывно связаны с выполнением комплекса мероприятий по охране ОС на принципиально новых научно-технических основах проектирования, строительства и эксплуатации магистральных нефтепроводов.

Основной экологический ущерб при прокладке трубопроводов наносится природной среде в период подготовительных работ по расчистке и планировке трассы, а также при вывозе на трассу труб, пригрузов и других материалов. При строительстве трубопроводов происходят различные формы нарушения земной поверхности (в зависимости от конструкции трубопровода): активизация эрозионных процессов грунта, русловые деформации на переходах через реки, рельефообразования на овражистых и холмистых участках и т.д. При сооружении магистрального трубопровода на каждые 100 км трассы нарушается в среднем 500 га земельных угодий, при прокладке дорог - не менее 250 га, под карьеры отводится не менее 100 га. При этом вырубятся леса в полосе отводов, на многие годы уничтожаются внедорожными разъездами пастбища. Распугиваются и уничтожаются птицы и звери.

На всех этапах строительства следует выполнять мероприятия, предотвращающие:

- развитие неблагоприятных рельефообразующих процессов;
- изменение естественного поверхностного стока на участке строительства;
- возгорание естественной растительности и торфяников вследствие допуска к работе неисправных технических средств, способных вызвать возгорание; сжигание на территории строительной площадки автопокрышек, камер, сгораемых отходов типа рубероида, изоляции кабелей, деревянных опалубок и др.;
- загрязнение атмосферного воздуха загрязняющими веществами, выхлопными газами ДВС автотракторной строительной техники;

- захламенение территории строительными отходами;
- разлив ГСМ, слив на трассе отработанных масел, мойку автомобилей и спецтехники в неустановленных местах;
- нарушение правил рекультивации земель после строительства объектов;
- нерегламентированную охоту, рыбную ловлю и браконьерство.

Для складирования труб и организации сварочных баз следует выбирать участки с малоплодородными почвами на удалении от рек и озер за пределами пастбищ и мест миграции животных. Развозку труб по трассе следует осуществлять по постоянным маршрутам, согласованным с местными органами охраны природы, предпочтительно за пределами вдоль-рассовой дороги, для уменьшения техногенных нагрузок на полосу отвода, на которую через определенные интервалы следует устраивать съезды. Движение машин и механизмов, складирование и хранение материалов в местах, не предусмотренных проектом производства работ, запрещается.

При гидравлических испытаниях нефтегазопроводов вода, загрязненная грунтом, продуктами коррозии, окалиной, огарками электродов, очищается и сбрасывается по рельефу в овраги, водоемы, на открытый грунт.

Строительная колонна должна быть оснащена эффективными средствами пожаротушения, передвижным оборудованием - мусоросборниками для сбора мусора и строительных отходов на трассе и емкостями для сбора отработанных ГСМ. Ответственность за проведение работ по сбору отходов и ГСМ возлагается на начальника колонны.

После окончания основных работ подрядная организация должна восстановить водосборные канавы, дренажные системы, снегозадерживающие сооружения и дороги, расположенные в пределах полосы отвода земель или пересекающие эту полосу, а также придать местности проектный или восстановить природный ландшафт.

В процессе эксплуатации трубопроводов при аварийных ситуациях происходят загрязнения территории перекачиваемыми продуктами. Трубопроводы относятся к категории энергоемких объектов, отказы которых сопряжены, как правило, со значительным материальным и экологическим ущербом. Многие отказы на технологических и магистральных трубопроводах, транспортирующих взрывопожароопасные продукты, ядовитые компоненты и токсичные вещества, приводят к локальным и общим

загрязнениям ОС, создают повышенный риск с точки зрения безопасности персонала и населения. Особую остроту приобретает проблема надежности и экологической безопасности в системах магистрального трубопроводного транспорта газа, нефти и нефтепродуктов, аммиакопроводов и других продуктопроводов. Современный магистральный газопровод диаметром 1400 мм с рабочим давлением до 10 МПа и большой протяженностью представляет собой взрывоопасный сосуд, разрушение которого даже на ограниченном участке связано с крупномасштабными экологическими потерями, в первую очередь из-за механических и тепловых повреждений природного ландшафта.

Наиболее опасные загрязнения происходят при аварийных разливах из нефтепроводов, т.к. компоненты нефти токсичны и обладают высокой миграционной способностью. Утечки нефти можно условно разделить на эпизодические и постоянные. Эпизодические утечки фиксируются, а отключение подачи нефти в трубопровод происходит автоматически. Здесь возможны утечки через свищи (продолжительность аварийного истечения 120 минут) и утечки при полном порыве трубопровода (продолжительность аварийного истечения нефти с момента порыва до отключения от 2 до 5 минут). Постоянные утечки происходят через сравнительно небольшие повреждения, рассредоточенные по всей длине трубопровода, в течение всего срока эксплуатации, и выявить их можно лишь при организации специальных работ.

На рис. 2.21 и 2.22 изображен свищ и ремонт трубопровода.



*Рис. 2.21. Свищ в трубопроводе*



Рис. 2.22. Ликвидация свищей установкой бандажей

В настоящее время в эксплуатации находятся оборудование и трубопроводы, прослужившие большой срок и нуждающиеся в капитальном ремонте или полной замене. В Западной Сибири две трети нефтепроводов изношены и требуют замены. В результате этого ежегодно здесь происходит около сорока тысяч аварий, что приводит к значительным утечкам нефти. Только в Ханты-Мансийском округе ежегодно на землю выливается до 2 млн т нефти.

### 2.8.2. Источники загрязнений

Одной из главных экологических проблем является высокая аварийность на предприятиях нефтегазодобывающего комплекса, сопровождающаяся залповыми выбросами в ОС нефти и нефтепродуктов. Наиболее крупные выбросы нефти происходят в результате порывов трубопроводов. В Западной Сибири в 80-е годы ежегодно фиксировалось 150-260 аварий, в середине 90-х гг. - 1700-3140 случаев. В табл. 2.10 представлена аварийность предприятий в течение года по районам.

Подсчитано, что в среднем при одном порыве нефтепровода выбрасывается 2 т нефти, приводящей в непригодность 1000 м<sup>2</sup> земли.

Продолжительность жизненного цикла трубопроводов исчисляется годами и десятилетиями. За этот промежуток времени трубы стареют и металл приобретает различные дефекты, которые могут быть результатом недоброкачественной

Т а б л и ц а 2.10

**Аварийность нефтедобывающих предприятий по районам в 1997 г.**

Территория(район)	Количество аварий	Площадь загрязнения, га
Нефтеюганский	506	40,56
Нижневартовский	915	34,89
Октябрьский	347	4,09
Сургутский	29	5,586
Советский	7	2,792
Когалымский	10	2,692
Ханты-Мансийский	117	2,654
Кондинский	81	2,56
Березовский	2	!
Итого:	2014	95,824

Т а б л и ц а 2.11

**Факторы аварийности магистральных нефтепроводов на суше**

№ п/п	Группа факторов риска	Доля, %
1	Внешние антропогенные воздействия	20
2	Подземная коррозия	2
3	Атмосферная коррозия	2
4	Внутренняя коррозия	20
5	Качество производства труб и оборудования	15
6	Качество строительно-монтажных работ	15
7	Качество и сроки испытаний	5
8	Конструктивно-технологические факторы	5
9	Природные воздействия	10
10	Эксплуатационные факторы	6

поставки завода-изготовителя, некачественного монтажа и недостаточной нагрузочной способности труб в процессе эксплуатации, коррозии. На линейной части нефтепроводов за счет дефектов как в самой трубе, так и в сварных соединениях могут образовываться утечки нефти и газа. Источником загрязнения может быть также запорная арматура. Поэтому ключевая роль в определении технического состояния магистральных трубопроводов отведена внутритрубной диагностике (ВТД), которая позволяет вести сплошное обследование трубопровода и выявлять дефекты, являющиеся причинами аварий и отказов.

Мировая статистика аварийных отказов (табл. 2.11) показывает, что на сухопутных участках трасс нефтепроводов возможны различные группы факторов риска.

Т а б л и ц а 2.12

**Факторы аварийности на подводных переходах трубопроводов**

№ п/п	Группа факторов риска	Доля, %
1	Дефекты тела трубы и сварных швов	10
2	Воздействие якорей и др.	20
3	Коррозия	22
4	Качество производства труб	15
5	Качество строительно-монтажных работ	15
6	Конструктивно-технологические факторы	5
7	Природные воздействия	10
8	Эксплуатационные факторы	3

Как видно из табл. 2.11, опасности возникновения аварийных отказов связаны в основном с качеством изготовления и монтажа трубопроводов (30%), коррозионными процессами, зависящими от химических свойств нефти (20%), внешними (24%) и природными (10%) воздействиями.

Статистика аварийности подводных трубопроводов приведена в табл. 2.12.

Из табл. 2.12 следует, что наиболее значительными факторами возникновения аварийных отказов на подводных участках трассы нефтепроводов являются опасности, связанные с качеством изготовления и монтажа трубопроводов (30%), коррозией (22%) и возможными повреждениями якорями (20%). Причинами аварий трубопроводов могут быть также наезд автотракторной техники, чрезмерные динамические нагрузки, климатические условия, несвоевременная замена изношенных труб и т.д.

Вероятность возникновения аварии при осуществлении перекачки нефти по трубопроводам можно определить в соответствии с рекомендациями «Руководства по классификации и выявлению приоритетов рисков, связанных с крупными авариями на предприятиях обрабатывающей промышленности и смежных производствах». Анализ видов и последствий отказов показывает, что магистральные нефтепроводы имеют отказы из-за появления дефектов. Тяжесть последствий при этом для персонала, населения и материального объекта пренебрежительно мала. Наибольшую опасность представляют аварии для ОС. Для уменьшения опасности возникновения отказов необходимо устанавливать системы отсечных и предохранительных клапанов, средств сигнализации и т.п. Для устранения неполадок необходимо иметь аварийные бригады. Если происходит разрыв магистрального трубопровода, то тяжесть последствий достигает критического значения для ОС и материальных объектов. Тогда

дополнительно необходимо иметь средства сигнализации падения давления, связь.

При возникновении аварийных разливов нефти имеют место следующие виды физического воздействия на ОС:

- загрязнение почвы на значительной территории (губятся гумусированные слои почвы);
- загрязнение водного бассейна (губятся водные флора и фауна);
- воздушная ударная волна при взрыве газовой среды;
- термическое воздействие пожара при возгорании вытекающей из трубопровода нефти;
- загазованность территории.

Будучи огне- и взрывоопасными веществами, легкокипящие углеводороды при попадании в атмосферу в больших количествах могут от случайного источника огня воспламениться со взрывом, становясь виновниками пожаров и катастроф. Свидетельство тому - потрясшая всех катастрофа на железной дороге в Башкирии недалеко от Уфы летом 1989 г., когда два движущихся пассажирских поезда потерпели крушение в результате мощного взрыва нефтепродуктов, которые попали в ОС из-за аварии на продуктопроводе «Нижевартовск - Нефтекамск». Перекачка продукта осуществлялась в режиме 3,5-3,8 МПа, при этом свойства его таковы, что при вытекании тяжелые фракции остаются жидкими, а легкие при испарении образуют с воздухом смеси, взрывающиеся от малейшей искры. Катастрофа привела к многочисленным человеческим жертвам.

Наиболее опасное загрязнение ОС происходит при крупномасштабных авариях магистральных нефтепроводов, особенно большого диаметра. Техногенные аварии в основном возникают из-за неисправности технологического оборудования и изношенности нефтепроводов. Последнее обстоятельство является актуальной проблемой на сегодняшний день, поскольку в России изношенность транспортной системы составляет 50- 80%. Можно только догадываться о масштабах ущерба, наносимого ОС авариями. По Самарской области, например, в 1990 г. было отмечено до 4000 порывов и загрязнение более 1880 га земель (Информационный бюллетень... 1991 г.).

При строительстве и эксплуатации подводных трубопроводов, устройстве береговых и подводных траншей происходит загрязнение воды, механическое разрушение берегов и русел в месте прохождения трубопровода. В результате этого - ухудшение качества воды и условия обитания водных организмов и растений.

Очень опасны порывы подводных нефтепроводов, т.к. происходит усиленное загрязнение водоемов. Анализ причин аварий подводных переходов показывает, что основное их число приходится на переходы через болота, ручьи и малые реки.

Для эффективного ремонта трубопроводов и ускорения ликвидации аварий на нефтепроводах Центральной Сибири была создана ЦСТОР - Центральная служба технического обслуживания и ремонта. Внедрение такой службы повысило надежность работы магистральных нефтепроводов, резко сократило число порывов, обеспечило надежную охрану ОС от нефтяных загрязнений.

Источниками загрязнения ОС на перекачивающих станциях и нефтеналивных пунктах являются различные емкости для хранения нефти и нефтепродуктов, очистные сооружения, средства налива (шланги). К тому же станции и пункты оснащены большим количеством технологического оборудования, которое служит потенциальным источником загрязнения из-за утечек через уплотнения. Сюда же относятся запорная арматура (задвижки, вентили, краны), различные соединения (фланцевые, муфтовые, сварные стыки и прочее) и трубопроводные коммуникации. К загазовыванию помещений насосных и компрессорных станций приводят утечки нефти и газа в перекачивающих насосах и компрессорах.

Одним из основных источников загрязнения атмосферы продолжают оставаться резервуары, в которых происходят наибольшие потери легких углеводородов от испарений при заполнении резервуаров и температурных колебаниях газового пространства резервуаров и поверхности нефти в них. Для уменьшения количества вредных выбросов из резервуаров рекомендуется использование понтонов и плавающих крыш, газоуравнительных систем, непримерзающей дыхательной арматуры и прочего. Загрязнителями являются также продукты зачистки трубопроводов и резервуаров от парафино-смолистых отложений. Кроме того, резервуары подвержены атмосферной, почвенной и внутренней коррозии. В промышленно развитых районах и вблизи морского побережья коррозия резервуаров протекает интенсивнее по причине высокой коррозионной активности атмосферы.

Строительство трубопроводов в северных районах оказывает влияние на микроклимат тундры и лесотундры. Проходка траншей локально изменяет режим питания растительного покрова влагой, нарушает теплофизическое равновесие, растепляет вечномерзлые грунты, приводит к гибели чувствительного к механическому и другому воздействию растительного покрова

малоземельной тундры.

За последние годы при транспортировке природного газа, нефти и нефтепродуктов возникли и нарастают проблемы, связанные с криминальными несанкционированными врезками в трубопроводы с целью хищения продуктов. В результате этих действий происходят разливы нефти, возникает замаху- ценность почвы и загрязнение ОС, снижается надежность трубопроводного транспорта, наносится материальный и финансовый ущерб компаниям и государству. Согласно статистике, только за 2006 г. в Самарской области еженедельно осуществлялось до 300 несанкционированных врезок.

### 2.8.3. Разливы нефти

Под разливом понимается любой сброс нефти на грунт (почвенный покров), поверхность воды и прибрежную зону озер, рек, портов и т.п. независимо от причин и обстоятельств, вызвавших такой сброс.

К сожалению, достаточно традиционными для современной цивилизации стали экологические катастрофы, связанные с наземными разливами нефти. Аварийные разливы нефти при этом охватывают значительные площади. На некоторых месторождениях Западной Сибири количество разливов на небольших площадях доходило до 2-х аварий в день. После принятых мер число разливов сократилось, а ранее залитые нефтью земли стали очищаться. Часто порывы трубопроводов не удается сразу ликвидировать, поэтому нефть может залить уголья, попасть в водоемы. Особенно эта проблема актуальна для осенне-весеннего периода года, когда не удается быстро добраться до места аварии, чтобы прекратить выброс нефти.

Разливы нефти, как показывает практика, неизбежны при ее добыче, переработке и транспортировке. Особую опасность представляют нефтепроводы, т.к. в отличие от локально расположенных предприятий на них невозможно предусмотреть меры по защите ОС на всей их протяженности, достигающей многих тысяч километров.

Нефтяное загрязнение, обусловленное аварией, отличается от многих других техногенных воздействий тем, что оно дает не постепенную, а, как правило, залповую нагрузку, вызывая быструю ответную реакцию.

Площади загрязнения от разлитой нефти варьируют от 0,01 до 10 га на одну аварию, а объем потерянной нефти может достигать 20 000 т. По данным Министерства природных ресурсов,

Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

количество разливающейся нефти в России составляет 17-20 млн т в год. Это около 7% добычи нефти.

#### Экология нефтегазового производства

В зависимости от объема разлившейся нефти и площади разлива на местности во внутренних пресноводных водоемах выделяются чрезвычайные ситуации следующих категорий:

- локального значения - до 100 т разлившейся нефти, площадь разлива охватывает территорию объекта;
- муниципального (местного) значения - разлив от 100 до 500 т нефти в пределах административной границы муниципального образования (территория населенного пункта, в котором расположен объект) либо разлив до 100 т нефти, выходящей за территорию объекта;
- территориального значения - разлив от 500 до 1000 т нефти в пределах административной границы субъекта РФ либо от 100 до 500 т нефти, выходящей за пределы административной границы муниципального образования;
- регионального значения - разлив от 1000 до 5000 т нефти, выходящей за пределы административной границы субъекта РФ;
- федерального значения - разлив свыше 5000 т нефти либо разлив нефти вне зависимости от объема, выходящей за пределы государственной границы РФ, а также разлив нефти, поступающий с территории сопредельного государства (трансграничного значения).

Из-за разливов нефти в ряде районов РФ концентрация нефтепродуктов превышает допустимые нормы. Так, на территории Нижневартовского района Тюменской области превышение российских норм достигает почти 50 раз. Считается, что для восстановления нарушенного биологического равновесия потребуются столетия (при условии отсутствия дополнительных разливов). По данным экспертов IWAGO, в настоящее время в Западной Сибири нефтью загрязнено от 700 до 840 тыс. га земли - это в 7 раз больше территории Москвы. На крупнейшем Самотлорском месторождении общая площадь загрязненных земель составляет 6500 га. Но не только Самотлорское месторождение является зоной экологического бедствия. В 1995 г. произошел большой разлив нефти в республике Коми. Тогда на землю вылилось более 100 тыс. т нефти.

Нефть, попадая в почву и грунты, вызывает необратимые изменения, связанные с их битуминизацией, гудронизацией, цементацией, загрязнением и т.д. В результате нарушения почвенно-растительного покрова усиливаются нежелательные процес

сы - эрозия почв, деградация. Происходит изменение фильтрационных и физико-механических свойств грунтов. При разливах нефть, попадая в почву, опускается вниз под влиянием гравитационных сил и распределяется вширь под действием поверхностных и капиллярных сил. Скорость продвижения нефти зависит от ее свойств, свойств грунта и соотношения нефти, воздуха и воды в многофазной движущейся системе. Чем меньше доля нефти в такой системе, тем труднее ее фильтрация (миграция) в грунте. В ходе этих процессов насыщенность грунта нефтью (при отсутствии новых поступлений) непрерывно снижается. При содержании в грунте 10-12% (уровень остаточного насыщения) нефть становится неподвижной. Движение прекращается также при достижении нефти уровня грунтовых вод. Легкие фракции ее плавают на поверхности воды. Тенденция к распространению нефти, обусловленная капиллярными силами, сохраняется. Нефть начинает перемещаться в направлении уклона поверхности грунтовых вод.

При загрязнении нефтью поверхности земли уничтожается растительный покров, чем наносится значительный ущерб животному миру из-за сокращения и уничтожения кормовых ресурсов.

При аварийных разливах нефти, загрязненных сточных вод часть нефти уносится ливневыми и тальными водами в водоемы. Разлитая нефть растекается в виде пленки различной толщины по водной поверхности, частично испаряется, а в основном в виде эмульсированных частиц оседает на дно во-

Таблица 2.13

**Зависимость толщины пленки от количества нефти на поверхности в 1 км<sup>2</sup>**

Ориентировочная толщина, мкм	Количество нефти, расходуемое на образование плёнки, л/км <sup>2</sup>	Внешний вид плёнки
0,02	20	Появление отдельных пятен
0,038	38	Серебристый блеск поверхности
0,075	75	Тоже
0,15	150	Заметны первые цветные пятна
0,3	300	Блестящие цветные пятна
1	1000	Мутный цвет поверхности
2	2000	Тёмный цвет
5	5000	Тоже
10	10000	Тоже

доема. В табл. 2.13 приведены данные по зависимости толщины пленки от количества нефти на поверхности воды.

Нефтяные пленки нарушают природный обмен влагой между

водоемом и атмосферой, вызывая дефицит кислорода и нарушая биологические процессы водоема, на длительное время изменяют состав воды. Замедляется рост водорослей, которыми питаются обитатели водоемов, уменьшается число донных сообществ, рыб, млекопитающих. Разлитая нефть опасна для водоплавающих птиц. Часто птицы не могут отличить нефтяное озеро от озера с обычной водой. Стая садится на такое озеро и погибает.

Осевший на дно мазут, масла придают водоему вторичное загрязнение, вызывая гибель рыб, препятствует нормальному развитию икры.

Стеkanie нефти в пониженные участки местности способствует попаданию ее в грунтовую среду, и за счет фильтрации может произойти загрязнение подземных вод.

Попадая в водоемы хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых объектов, нефть наносит непоправимый вред человеку. В Нижневартовске нефтепродуктами загрязнено 97% потребляемой питьевой воды. Как показали исследования, даже в водных горизонтах на глубине 200 м обнаружена нефть. Такое положение сказывается на здоровье населения. За последние пять лет количество онкологических заболеваний в Нижневартовске, Пангепасе, Меги-оне и Радужном возросло практически в два раза.

При разливах нефти в зимний период проводят с учетом рельефа местности отсыпку склонов, дорог песком для направления движения загрязненного снега в дренажную емкость, размеры которой определяются исходя из объема нефтезагрязненного снега и возможности его обработки. В емкости снег с нефтью обрабатывается паром, и жидкий отход откачивается в нефтяной коллектор системы сбора и подготовки нефти, где он смешивается с продукцией скважин.

Суммы штрафов за порывы трубопроводов и загрязнения ОС составляют такие величины, что встает вопрос об оснащении основных трубопроводов системой контроля утечек, которые приводят впоследствии к аварии. В деле предупреждения аварий большая роль отводится диагностике оборудования, трубопроводов и прочего. Это сравнительно дешевый, но наиболее эффективный из косвенных методов.

Для предотвращения разливов (уменьшения числа порывов) целесообразно на ряде объектов промысла применять коррози-

онно-стойкие трубы типа ГПМТ или трубы с внутренним защитным покрытием (эмалированным, лакокрасочным, покрытием эпоксидными красками и проч.). Как показывает опыт Татарстана, при росте затрат на строительство коррозионно-стойких трубопроводов продолжительность их работы (долговечность) увеличивается в 5- 8 раз, что в конечном счете экономически оправдано.

#### 2.8.4. Локализация разливов нефти

Локализация нарушенных земель при разливах нефти предусматривает ограничение распространения загрязнений на чистые участки земель и поверхностные водотоки независимо от времени года. При малых разливах (утечках) нефти (химреагентов) локализация обеспечивается проектными решениями: площадки размещения технологического оборудования выполняются из сборных бетонных плит, ограждаются бордюром камнем и должны иметь дождеприемные колодцы, через которые загрязненные дождевые стоки и разлившиеся при аварии жидкости стекают в закрытую сеть производственно-дождевой канализации. По периметру площадки (куста) должно быть предусмотрено обвалование, устройство противодиффузионного экрана. Если по какой-либо причине произошел разлив, то пропитанная нефтью земля должна быть собрана в емкость и вывезена на утилизацию.

В зависимости от величины разлива нефти рекомендуется:

- при малых разливах проводить оконтуривание участка разлива плугом (типа ПШ-1, ПКЛ-70, ПЛ-1) с глубиной погружения лемеха в почву на 20-25 см;
- при средних разливах сооружать барьеры земли (валы) с устройством экранов, предотвращающих интенсивную пропитку земли нефтью, и устанавливать заграждения (типа «уж»);
- при больших разливах проводить локализацию с помощью отрываемых траншей.

Опыт эксплуатации отечественных и зарубежных трубопроводных систем показывает, что несмотря на самые высокие требования, предъявляемые к надежности, и большие затраты на техническое обслуживание их безотказная работа невозможна. В связи с этим, компании стремятся обеспечить максимально возможную готовность к ликвидации последствий разливов нефти. Для предотвращения разлива и возможности попадания вытекшей нефти в водоемы, водотоки, загрязнения лесных массивов, сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов, дорог, животноводческих ферм с учетом рельефа местности создаются земляные

обвалования и амбары для сбора разлитой нефти. В зависимости от характера аварии и местных условий для этой цели могут быть использованы существующие защитные сооружения, естественные складки местности, неповрежденные участки аварийного нефтепровода или параллельно проложенные нефтепроводы.

Для практической реализации мероприятий разрабатываются планы по предупреждению и ликвидации разливов нефти. В 2000 г. вышло Постановление правительства РФ (№613 от 21.08.2000 г.) «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов». В соответствии с этим постановлением, законами РФ, нормативными документами и Международной конвенцией каждое трубопроводное (нефтепромысловое) предприятие обязано разрабатывать план по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, который распространяется:

- на действующие межпромысловые трубопроводные коммуникации, предназначенные для транспортировки добываемой продукции с разрабатывающих месторождений, на пути сепарации, подготовки, учета и налива нефти;
- на действующие внутрипромысловые нефтепроводы и выкидные линии ЦЦНГ, предназначенные для транспортировки добываемой продукции от скважин до межпромысловых трубопроводов или ДНС;
- на комплексный нефтяной терминал;
- на другие опасные объекты.

ПЛА должен пересматриваться и корректироваться 1 раз в 3 года.

Предприятия трубопроводного транспорта нефти обязаны:

- создавать собственные подразделения для ликвидации разливов нефти, проводить аттестацию указанных подразделений в соответствии с законодательством РФ, оснащать их специальными техническими средствами или заключать договоры с профессиональными аварийно-спасательными формированиями (службами), выполняющими работы по ликвидации разливов нефти, имеющими соответствующие лицензии;
- немедленно оповещать в установленном порядке соответствующие органы государственной власти и местного самоуправления о фактах разливов нефти и организовывать работу по их локализации и ликвидации;
- иметь резервы финансовых средств и материально-технических ресурсов для локализации и ликвидации разливов нефти;
- обучать работников способам защиты и действиям в чрез-

#### Глава И. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

вычайных ситуациях, связанных с разливами нефти; регулярно проводить тренировочные учения по устранению аварийных разливов нефти на поверхности воды и почвы;

- содержать в исправном состоянии технологическое оборудование, заблаговременно проводить инженерно-технические мероприятия, направленные на предотвращение возможных разливов нефти и снижение масштабов опасности их последствий;

- принимать меры по охране жизни и здоровья работников в случае разлива нефти;

- допускать к работе на опасном производственном объекте только тех лиц, которые удовлетворяют соответствующим квалификационным требованиям и не имеют медицинских противопоказаний к указанной работе;

- организовывать и осуществлять производственный контроль над соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте;

- создавать и поддерживать в готовности системы обнаружения разливов нефти, а также системы связи и оповещения.

С целью определения необходимого состава сил и специальных технических средств на проведение мероприятий предприятиями осуществляется прогнозирование последствий разливов нефти. Прогнозирование осуществляется относительно последствий максимально возможных разливов нефти с помощью методов математической статистики и других современных методов на основании оценки риска с учетом неблагоприятных гидрометеорологических условий, временем года, суток, рельефа местности, экологических особенностей и характера использования территорий (акваторий).

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 21.08.2000 г. №613 МЧС России разработал и утвердил «Правила разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации». Этот документ зарегистрирован в Минюсте РФ 14.04.2005 г., № 6514.

Расчет объемов аварийного разлива нефти из трубопроводов можно выполнить по «Методике определения ущерба окружающей среды при авариях на магистральных нефтепроводах» (Утв. Минэнерго РФ 01.11.95 г.). Анализ риска с учетом воздействия поражающих факторов аварии на персонал, население, мате

риальные объекты, ОС можно провести в соответствии с «Методическими указаниями по проведению анализа риска опасных промышленных объектов» (РД 08-120-96). Результаты расчетов и анализа должны быть отражены в плане ликвидации аварийных разливов нефти.

При поступлении сообщения о разливе нефти время локализации не должно превышать 4 часа при разливе в акватории и 6 часов при разливе на почве с момента обнаружения разлива нефти или с момента поступления информации о разливе. Работы по локализации и ликвидации разливов нефти должны проводиться на суше, на воде и на заболоченных местностях круглосуточно в любую погоду.

На рис. 2.23 приведена общая схема ликвидации аварийных разливов нефти на воде.

Локализация разлива нефти на водной поверхности осуществляется механическими способами с применением специальных плавающих заграждений. Для локализации аварийных разливов нефти в руслах малых и средних водотоков и мелиоративных каналов, пересекаемых трассой нефтепроводов, используют следующие основные технические средства:

- боновые заграждения (БЗ);
- плотины мембранного типа;
- отсыпные плотины с гидрозатворами.

Принцип действия плавучего заграждения (бонов), получившего наибольшее распространение на практике, заключается в создании механического барьера, препятствующего горизонтальному перемещению верхнего слоя воды с нефтяной пленкой. На рис. 2.24 показан участок реки, ограниченный БЗ для удержания разлитой нефти.

Удерживающая способность заграждения определяется осадкой бона, углом установки его к потоку и скоростью течения



Рис. 2.23. Схема ликвидации разливов нефти на воде



Рис. 2.24. Локализация разлитой нефти на реке

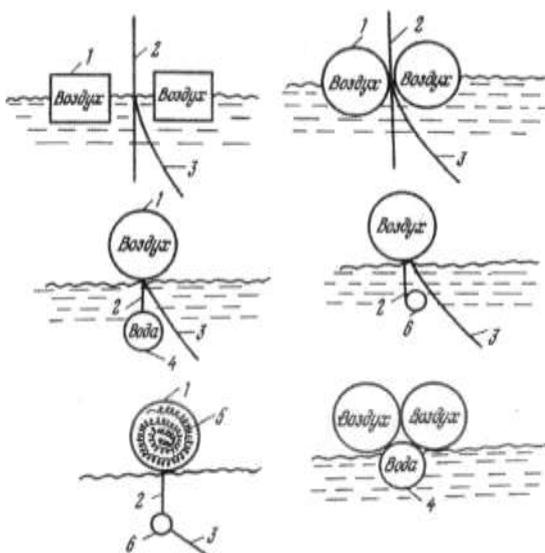


Рис. 2.25. Принципиальные конструкции бонов:  
1 - поплавок; 2 - экран; 3 - растяжка; 4 - труба; 5 - гибкие трубки; 6 - цепь

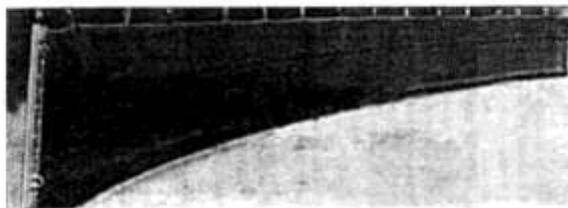


Рис. 2.26. Бон зимний 30-145

поверхностного слоя. На рис. 2.25 изображены конструкции БЗ, состоящие из плавучей, экранирующей и балластной частей.

Плавучая часть бона может быть выполнена в виде отдельных поплавков прямоугольного или круглого сечения; используются надувные поплавки круглого сечения. Экранирующая часть представляет собой гибкую или жесткую пластину («юбку»), присоединенную к плавучей части бона и нагруженную для придания устойчивости балластной цепью, трубой или растяжками.

БЗ могут быть летними (типа БЗ-15Л), предназначенными для предотвращения растекания нефти и нефтепродуктов на поверхности рек, озер, каналов, и зимними (типа 30-145). На рис. 2.26 показан бон 30-145.

Эти боны применяются в зимний период в процессе оперативной ликвидации аварий. Они могут быть установлены постоянно (вморожены в лед) на наиболее опасных участках рек с точки зрения возможности аварийных утечек нефти.

Надувные БЗ в зимних условиях могут применяться для локализации и направления нефти к месту сбора только на открытых участках воды; более предпочтительными являются металлические БЗ, позволяющие, кроме того, проводить выжигание нефти.

Боны в основном изготавливаются из гибких синтетических материалов (например, волоконные боны типа «ВИЙ»), Широко применяется для изготовления бонов материал ВИ- НИПЛАН 6575 с ПВХ-покрытием, устойчивый к воздействию нефти и нефтепродуктов, солнечной радиации и микроорганизмов. ВИНПЛАН имеет сертификат Российского морского регистра судоходства. Материал поплавков - пенополиэтилен, позволяющий им упруго восстанавливаться при механическом воздействии.

Применяются гладкопрофильные секционные неопреновые

**Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**

боны быстрого развертывания (типа Hi Sprint) для локализации разлива и удержания нефти в закрытых водоемах и открытом море, полиуретановые (типа Sentinel) для работы в открытых водоемах и прибрежных зонах, с водным балластом (типа Shoreguardian) для удержания и сбора нефти на мелководье и в зонах приливов и отливов, БЗ высокой прочности (типа Hoyle) для долговременного использования в местах риска загрязнения (нефтехранилища, каналы, гавани) и др.

Применяются также боны сорбирующие сетчатые типа БС- 10, БСС-10М (ПЭ) и др. Особенностью этих бонов является возможность использования их для сорбции мелких утечек нефти и нефтепродуктов, а также наличие быстрозаменяемых сменных картриджей с сорбентом. На рис. 2.27 изображен сорбирующий бон для защиты береговой линии от нефтяного загрязнения.

Для минимизации экологического ущерба от возможных аварийных утечек нефти на переходах нефтепроводов через малые и средние водотоки рекомендуется на каждом участке перехода заблаговременно наметить и оборудовать рубежи перехвата, локализации и сбора аварийных разливов нефти.

При установке БЗ выполняются следующие виды работ:

- выбор площадки для расстановки оборудования и бонов;
- расстановка береговых «мертвых» опор;
- прокладка подъездных путей к месту установки БЗ и к накопительным емкостям нефти;
- сооружение емкостей для хранения собранной нефти;



**Рис. 2.27. Бон сорбирующий сетчатый**

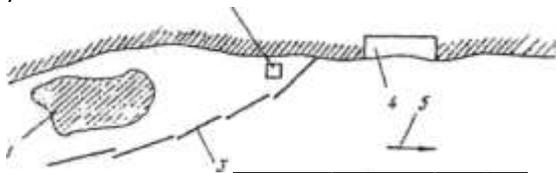


Рис. 2.28. Шевронное расположение бон:  
 1 - нефтяное пятно; 2 - нефтеприемник; 3 - бон; 4 - защищаемый объект;  
 5 - направление течения

- развертывание на берегу, подготовка и сборка секций БЗ;
- спуск собранных секций на воду;
- расстановка (надувка) и крепление БЗ.

БЗ хорошо работают в спокойной воде (при скоростях потока реки не более 0,3 м/с и высотой волны до 0,6 м). При скоростях, которые имеют большинство рек (0,5-2,5 м/с), возникают турбулентные пульсации в потоке. При этом глобулы слоя нефти при достижении определенной толщины начинают отрываться от общей массы и проскакивать (нырять) под заграждение.

Примером заграждения подводного типа, работающего практически при любых условиях, является пневматический барьер, принцип работы которого заключается в создании препятствий на поверхности воды при непрерывной подаче воздуха через перфорированную трубу, уложенную на дно водоема. При этом пленка нефти отторгается от заграждения за счет динамического водовоздушного барьера на пути движения нефтяной пленки. Создание воздушной завесы в толще воды перед плавающим заграждением также препятствует «подныриванию» нефти под бон. Направление пузырьков при истечении воздуха из затопленных струй под углом по-

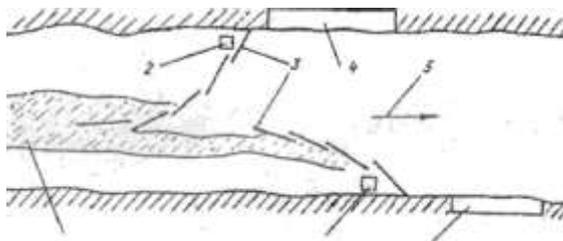


Рис. 2.29. Каскадное расположение бон:  
 1 - нефтяное пятно; 2 - нефтеприемник; 3 - бон; 4 - защищаемый объект; 5 - направление течения

5

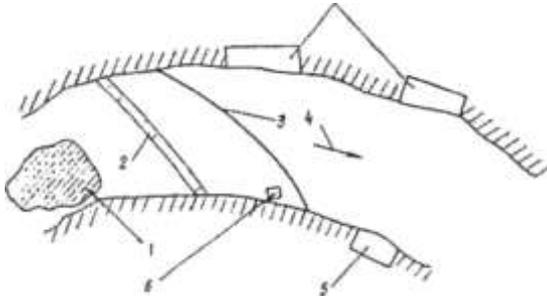


Рис. 2.30. Диагональное расположение бонв:

1 - нефтяное пятно; 2 - защита от плавающих предметов; 3 - БЗ; 4 - направление течения; 5 - защищаемые объекты; 6 - нефтесборное устройство

зволяет направить поток нефти к берегу, где он может быть собран нефтесборщиком.

Опытно-промышленный образец аэродинамического бонового заграждения (АБЗ) показал хорошие результаты. АБЗ способно работать с «холодной» и «старой» нефтью. Регулирование глубины погружения шибера (выдвижной юбки) расширяет возможность использования заграждения на реках с различным рельефом дна, глубиной и др. Без подачи воздуха АБЗ работает как обычный бон. При использовании горячего воздуха, например от турбокомпрессоров, конструкция может применяться в зимних условиях.

Типовые схемы сбора нефтепродуктов с акватории водотоков представлены на рис. 2.28-2.31.

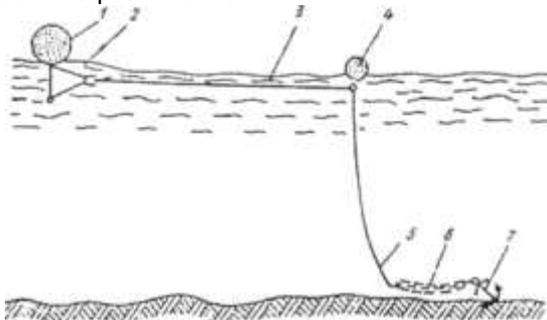


Рис. 2.31. Установка БЗ на буй:

1 - бон; 2 - оттяжка бона; 3 - синтетический канат; 4 - буй; 5 - канат буя; 6 - цепь; 7 - якорь

Шевронное расположение бонов применяется при отводе нефтяного пятна симметрично к двум нефтеприемникам. Каскадный способ расположения используется для отвода пятна нефти к одному берегу. Диагональное расположение бонов применяется для сбора нефти и плавающих предметов на одной стороне берега.

На некоторых водотоках по морфологическому строению их русел наиболее эффективным техническим средством для локализации возможных разливов нефти может оказаться водонапорная плотина мембранного типа. Она устанавливается на водотоках, которые имеют врезанное русло шириной до 40 м с относительно высокими берегами. На рис. 2.32 представлена схема установки плотины на водотоке.

Рубежи перехвата, локализации и сбора аварийных разливов нефти в руслах малых и средних водотоков в случае раз-

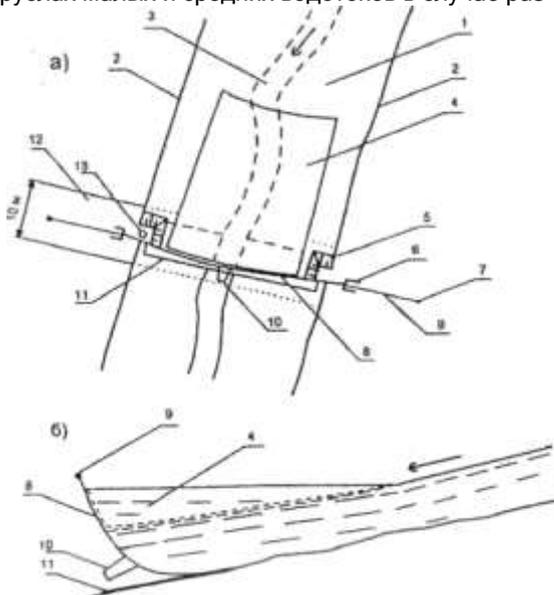


Рис. 2.32. Схема установки плотины мембранного типа: а) плановое расположение; б) разрез по течению водотока;  
 1 - водная поверхность; 2 - бровка долины; 3 - русло;  
 4 - нефть; 5 - насыпь; 6 - опора; 7 - анкер; 8 - эластичная плотина; 9 - несущий трос; 10 - водовыпуск; 11 - рисберма;  
 12 - полоса расчистки долины; 13 - нефтесборщик

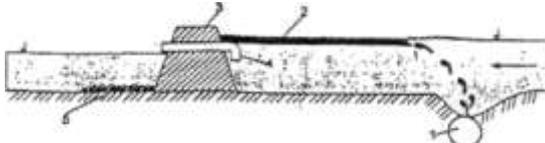


Рис. 2.33. Перекрытие водостока плотиной, оборудованной гидрозатвором:

1 - нефтепровод; 2 - нефть; 3 - плотина; 4 - гидрозатвор;  
5 - каменная наброска

герметизации нефтепровода могут быть заблаговременно оборудованы отсыпной плотиной с гидрозатворами. Технология возведения этой плотины предусматривает выполнение следующих видов работ:

- строительство подъездных путей до карьера;
- разработка карьера;
- расчет и изготовление гидрозатворов;
- отсыпка и установка гидрозатворов.

Простейший гидрозатвор представляет собой горизонтальную трубу диаметром 300-820 мм, установленную на уровне отметки проектного уровня воды будущего водохранилища и имеющую оголовок трубы такого же диаметра, опущенный ниже уровня воды на 0,8-1,5 м. Схема сооружения отсыпной плотины с гидрозатворами представлена на рис. 2.33.

Следует подчеркнуть, что строительство отсыпной плотины с гидрозатворами, как и плотины мембранного типа, на малых и средних водотоках по трассе нефтепроводов (с целью локализации возможных аварийных разливов нефти) сопровождается значительным нарушением гидрологического и руслового режима этих водотоков. Поэтому указанные сооружения следует проектировать только на основе специально выполненных гидрологических, экологических и инженерных изысканий.

### 2.8.5. Ликвидация последствий разливов нефти

Существует много методов и технических средств для ликвидации нефтезагрязнения объектов природной среды. Но их выбор в каждом конкретном случае индивидуален и зависит от природных, климатических условий, объемов разлитой нефти, рельефа местности, характера промышленного объекта.

Разливы нефти могут происходить на земле или на водной поверхности, а также возможно их сочетание. В любом случае

ликвидация последствий разливов нефти представляет собой трудоемкий процесс, связанный с большими финансовыми затратами, поэтому необходимо помнить, что предотвратить аварию всегда дешевле и выгоднее, чем ликвидировать последствия. Более подробно способы утилизации разливов нефти на почвах рассмотрены ниже (раздел 2.12).

В стратегии и тактике ликвидации разливов на водной поверхности необходимо учитывать процессы, происходящие с разлитой нефтью в воде, атмосфере и донных отложениях (рис. 2.34):

- *растекание*: большие залповые разливы растекаются быстрее, чем постепенные, медленные. Время формирования нефтяного пятна составляет 6-14 часов. При этом в первые 2-4 часа пятно формируется наиболее интенсивно. В холодное время года процесс формирования пятна замедляется;

- *испарение* - процесс перехода в атмосферу компонентов (легко испаряющихся фракций) нефти с низкими температурами кипения. Светлые нефтепродукты могут терять от испарения до 75%, сырая нефть - до 40%, мазут и моторное топливо - до 10%. Этот процесс наиболее интенсивен в первые часы после разлива. Испарение уменьшает объем разлитой нефти, но увеличивает ее вязкость и плотность, создавая вероятность опускания нефти на дно;

- *эмульгирование* - процесс перехода нефти в виде мелких капель в воду. Является основной причиной рассеивания нефтяной пленки в объеме воды. Эмульгирование серьезно увеличивает трудоемкость работ по ликвидации раз-



Рис. 2.34. Поведение разлитой нефти на воде



лива и утилизации водонефтяной смеси;

- *растворение* - процесс, при котором компоненты с низким молекулярным весом (в основном ароматические углеводороды) переходят в объем воды. Растворение нефти в воде незначительно и зависит от физических свойств нефти и состояния воды. Этот процесс может оказывать длительное воздействие на обитателей водоемов. Растворению подвержены не только сами компоненты разлитой нефти, но и продукты их окисления. Потери от растворения могут составить до 5-7% от общей массы разлитой нефти;

- *разложение* - процесс превращения нефти за счет био- и фотохимических реакций в иные органические соединения, образующие твердый окисленный продукт, который в виде смоляных шариков выбрасывается на побережье или осаждается на дно водоема. Считается, что до 35% разлитой нефти превращается в смоляные шарики, которые на 1-60% состоят из углеводородов и на 8-60% - из асфальтов;

- *выветривание;*
- *старение со временем;*
- *выброс на берег;*
- *формирование аэрозолей и брызг от волнения;*
- *проникновение в песчаный грунт;*
- *поглощение и выделение нефти из отложений;*
- *взаимодействие со льдом.*

Оперативные действия при ликвидации аварийных разливов нефти сводятся к следующему:

- сообщить мастеру участка по обслуживанию нефтепровода (мастеру по добыче нефти и газа) об аварии;
- прекратить транспортировку нефти по трубопроводу. Закрывать задвижки в начале и конце нефтепровода;
- вызвать аварийную бригаду; вызвать пожарную часть;
- принять меры к недопущению возгорания и растекания нефти; не допускать попадания нефти в озера, каналы, реки, овраги;
- обозначить зону загазованности. Выставить в наиболее опасных местах посты для предупреждения проникновения в опасную зону людей, транспортных средств, животных;
- организовать сбор разлившейся нефти до максимально достижимого уровня, обусловленного техническими характеристиками используемых специальных технических средств;



#### Экология нефтегазового производства

- произвести размещение собранной нефти для последующей утилизации, исключающей вторичное загрязнение производственных объектов и объектов ОС;

- произвести завершающие работы по ликвидации последствий разливов нефти, реабилитации загрязненных территорий и водных объектов. Эти операции проводить в соответствии с проектами (программами) рекультивации земель и восстановления водных объектов. Полученное положительное заключение государственной экологической экспертизы указывает на качество проведенных работ.

В состав ПЛА разливов нефти должно входить следующее:

- смыв нефти с почвы, применяемая техника;

- способы и методы откачки и закачки собранной разлитой нефти;

- способы уборки остатка нефти из ям и амбаров, замачиваемости территории;

- методы утилизации собранных остатков с сорбентом, торфом или шламами и места расположения специальных пунктов для сбора и утилизации нефтяных загрязнений для получения вторичного сырья (битума, асфальтенов и т.п.);

- работы по демонтажу временных нефтепроводов с арматурой, сборных или резиновых емкостей для сбора нефти, оборудования, жилых вагончиков и других сооружений;

- виды и способы работ по рекультивации земель;

- способы удаления и очистки от нефти наземных и подземных вод при их загрязнении;

- способы удержания и очистки попавшей под лед нефти при авариях;

- оценка степени загрязнения земель, водных объектов и атмосферы в результате аварии;

- проект и график восстановления объектов, разрушенных от взрыва или пожара в результате аварий;

- ответственные лица за проведение работ по ликвидации аварий.

Для ликвидации нефтяных загрязнений водных объектов применяют следующие методы:

- механические;

- физико-химические;

- химические;

- биологические.

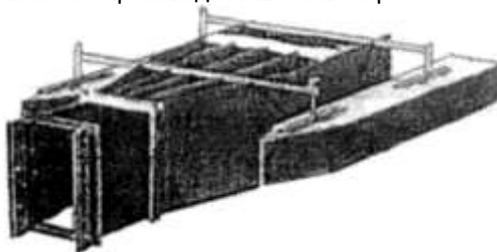
Механические методы удаления нефти с водной поверхно-

сти более предпочтительны с точки зрения экологии, хотя и трудоемки и связаны со значительными экономическими затратами. Используются различные способы сбора нефти, от ручного вычерпывания до применения машинных комплексов - нефтемусоросборщиков. Нефтесборное оборудование способно собирать нефть вместе со снегом и льдом.

Для механического сбора плавающей на воде нефти применяются нефтесборщики - скиммеры разной конструкции («Си Девл», «Мини Фасфло», «Камера 12 МК 11», «Дельта», «Пауэрвак», «Эластик») с различными принципами сбора (вакуумный, «экскаваторный» с движущейся лентой, эффект вихревой воронки, сепарация нефти от воды и др.). Так, скиммеры порогового типа СП предназначены для уборки локальных разливов нефти (в том числе тяжелых и вязких нефтей) на любых водоемах (в том числе в котлованах, узких и мелких протоках рек со скоростью до 1,5 м/с). На рис. 2.35 изображен общий вид порогового скиммера СП-2.

Конструкция скиммера позволяет регулировать производительность при работе с помпой диафрагменной (до 10 м<sup>3</sup>/ч) и помпой центробежной (до 30 м<sup>3</sup>/ч). Скиммер с БЗ устанавливается непосредственно в русле реки, течение прибывает нефть к заборной части скиммера, а вода проходит через открытое дно корпуса. Скиммеры типа СП выпускаются ООО «Лессорб», г. Брянск.

Применяются щеточные нефтесборщики (типа СЩ-10), которые работают на водной поверхности при течении воды до 1 м/с, высоте волны до 1 м и скорости ветра до 10 м/с. Принцип работы нефтесборщика заключается в том, что нефть прилипает к поверхности вращающихся щеток и затем удаляется скрепером. Продукт собирается в нефтесборщике и затем откачивается насосом в емкости. Производительность неф-



тесборщика - до 10 м<sup>3</sup>/ч. Коэффициент сбора нефти - 95%.

Рис. 2.35. Скиммер пороговый СП-2

Характеристика и тип нефтесборщиков (скиммеров) приведены в РД 153-39.4-143-99.

Применяются также различные нефтесборные устройства и приспособления, доставляемые на место разлива (после локализации), плавучие синтетические емкости, переносные самоподнимающиеся емкости «Вайкотенк» для временного хранения нефти, оборудование для сбора и откачки нефти фирмы «Вайкома» (Великобритания) и др.

Сбор основной массы нефти производится механическими методами, а оставшееся количество нефти собирается физико-химическими методами с помощью сорбентов и диспергентов. Сорбенты - материалы, способные поглощать и удерживать нефть. Они классифицируются:

- по материалу (минеральные и органические);
- по типу сорбента (природные и синтетические);
- по гидромеханическим свойствам (тонущие с поглощенной нефтью и плавающие на поверхности воды);
- по состоянию поверхности (естественные и модифицированные).

В качестве адсорбирующих материалов используются: пенополиуретан, угольная пыль, резиновая крошка, древесные опилки мягких пород древесины, пемза, торф, торфяной мох и т.п. Например, губчатый материал из полиуретановой пены хорошо впитывает нефть и продолжает плавать после адсорбции. По расчетным данным, 1 м<sup>3</sup> полиуретанового пенопласта может адсорбировать с поверхности воды приблизительно 700 кг нефти.

Сорбент наносится на нефтяное пятно и после насыщения нефтью собирается одним из механических способов (нефтесборщиком, бульдозером, вручную и т.д.).

Способ нанесения сорбента на поверхность нефти зависит от вида сорбента. Порошки и гранулы наносятся на нефть путем их распыления струей воздуха или вручную. Количество сорбента определяется объемом оставшейся на поверхности воды (грунта) нефти. Отработанный сорбент вывозится на специальные пункты, где очищается для повторного использования (утилизируется) или уничтожается.

В последние годы различными организациями проводятся опыты по внедрению технологий ликвидации аварийных разливов нефти с помощью разнообразных растительных отхо-

дов сельского хозяйства, пищевой, деревообрабатывающей промышленности (пшеничной соломы-сечки, шелухи овса и гречки, древесных опилок, лома ДВП, перьев кур, гусей, уток и т.д.). Например, на месторождении ТПП «Жирновскнефте-газ» проводились эксперименты по использованию различных растительных сорбентов в сравнении с сорбентом «ПИТ СОРБ» (Германия). Результаты проведенной работы представлены в табл. 2.14.

Как видно из таблицы, дешевые отходы растительного происхождения по нефтепоглощению без специальной обработки близки к сорбенту «ПИТ СОРБ», однако из-за гидрофобности не могут конкурировать с ним по величине водопоглощения. Несмотря на низкий уровень утилизации собранной нефти (20-30%), растительные сорбенты можно подвергнуть отжиму. В целом растительные отходы не намного уступают зарубежным поглотителям нефти по эксплуатационным характеристикам.

Для удаления нефти возможно применение минерального сырья, в частности перлитового. При термообработке при 600- 1000 °С перлитовое сырье вспучивается. На поверхности воды материал адсорбирует нефть и образует густую плотную мас-

Т а б л и ц а 2.14

**Результаты испытаний сорбентов**

Параметр	Опилки	Камышовая сечка		Соломенная сечка	Шелуха гречки	Сорбент «ПИТ СОРБ»
		из листьев	из стеблей			
Удельная мощность загрязнения, л/м <sup>2</sup>	2,88	2,46	1,43	2,88	2,74	2,5
Соотношение сорбент/нефть	0,3	0,12	0,36	0,12	0,14	0,12
Время контакта, ч	6	1,5	1,5	1	1	1
Нефтепоглощение, г/г	1,65	6,1	1,76	4,12	3,5	6,19
Водопоглощение, г/г	2,95	2,2	0,91	0,77	2,2	0,71
Степень очистки водной поверхности, %	50	74	67	50	40	99
Степень утилизации отжимов, % от нефти:						
- собранной	20	31,1	17	37,6	44	0
- разлитой	10	23	10,9	18,7	23	0

су, удобную для сбора обычными средствами (в том числе частыми траловыми сетями).

Патент Канады предусматривает сбор разлитой по поверхности воды нефти с помощью диатомовой земли при соотношении объемов земли и нефти от 3:1 до 1:1. Смесь диатомовой земли с сеном, соломой, торфом в сочетании с адсорбированной нефтью позволяет плавать массе на поверхности воды.

Химические методы удаления разливов нефти нашли ограниченное применение, в основном при разливах нефти на море. Следует отметить, что токсичность некоторых детергентов для морских организмов часто выше, чем самой нефти, и поражающее действие нефтяного загрязнения может быть только усилено.

Более перспективным направлением является микробиологическое разложение нефти для предотвращения загрязнения водоемов. Для некоторых бактерий нефть является питательной средой. Микробиологическая активность в большей степени зависит от температуры: скорость микробиологических процессов удваивается при увеличении температуры на 10 °С. На развитие микроорганизмов большое влияние оказывает содержание высоколетучих алифатических компонентов нефти. Введение в воду незначительных количеств нитратов и фосфатов увеличивает степень разрушения нефти на 70%.

Предлагается создавать биологические пруды, обладающие повышенной самоочищающей способностью по отношению к нефтепродукту. Биопруд состоит из двух каскадов плотин, построенных в местах сточных вод. Верхний каскад пруда задерживает механические примеси и крупные частицы, а в нижнем каскаде происходит очистка от нефти и солей. Уровень воды в пруду на втором каскаде поддерживается на заданном уровне. Вода задерживается на десятки часов для микробиологического очищения. Иловые отложения (микроорганизмы) и мелководье создают благоприятные условия для роста камыша, осоки, то есть тех растений, которые потребляют неорганические ионы и способствуют развитию нефтеоокисляющих бактерий.

После сбора основной массы нефти оставшаяся замазученность территории, земли, водной или ледовой поверхности ликвидируется следующими способами:

1. После откачки нефти из ям-накопителей, амбаров, запруд на поверхность оставшейся в них нефти, которую невозможно откачать, наносится сорбент, количество которого определяется с учетом его поглощающей способности. После пропитывания сорбента нефтью его собирают и вывозят на специальные пункты для утилизации. Если сорбент не впитал с поверхности почвы всю нефть, операцию повторяют.

2. Нефть, разлившаяся по поверхности земли, покрытой снегом и снежной массой, собирается в сборные котлованы для откачки или вывозится в очистные сооружения промысла. Битумообразные остатки нефти с землей должны быть собраны и вывезены на пункты утилизации, а участок земли подвергнут рекультивации (техническим или биологическим способом).

3. Тонкие слои нефти, оставшейся на поверхности воды после сбора нефтесборщиками, нефть в лагунах, рукавах, заливах убирается сорбентами. Остаточные нефтяные загрязнения, нефть, оставшаяся на берегах, между растительностью, смываются водой, собираются на поверхности воды между берегом и БЗ, затем убираются с помощью нефтесборщиков или сорбентов, которые наносятся на водную поверхность и после пропитывания остаточной нефти собираются и вывозятся на специальные полигоны, где утилизируются. В отечественной практике (ОАО «Сибирь-Ноябрьскнефтегаз») внедрена комплексная технологическая линия по очистке водных поверхностей от нефтепродуктов с помощью пенографитного порошка «Сорбент». Это разработка конверсионного предприятия научно-технического центра войск химической защиты Министерства обороны РФ. Результаты опытно-промышленной эксплуатации препарата показали очень высокую сорбционную способность пенографита. Одна частица порошка сорбирует вокруг себя 50 частиц нефти, что значительно выше показателей существующих экологически чистых сорбентов в мировой практике.

4. Нефть, разлившаяся по поверхности льда, собирается механизированным или ручным способом и вывозится на ближайший промысел. Нефть, попавшая под лед, собирается нефтесборщиками и вывозится на утилизацию.

При ликвидации последствий аварии запрещается:

- засыпать ямы-накопители и дренажные канавы до полной откачки из них остатков нефти;

#### Экология нефтегазового производства

- вывозить почву, загрязненную нефтью, в отвалы, не отведенные для этих целей;
- сжигать оставшуюся нефть в амбарах (котлованах).

### 2.9. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ

Нефтеперерабатывающая промышленность относится к отраслям производства, оказывающим заметное влияние на общее загрязнение природной среды.

НПЗ и ГПЗ представляют собой металлоемкие сооружения со сложным технологическим процессом (рис. 2.36, 2.37).

Товарная нефть из магистральных трубопроводов поступает в сырьевой парк завода, где осуществляются следующие основные этапы ее переработки.

*1. Подготовка нефти к переработке.* Для обеспечения высоких показателей работы установок по переработке нефти в них необходимо подавать нефть с содержанием солей не более 6 г/л и воды - 0,2%. Поэтому нефть, поступающую на НПЗ, подвергают дополнительному обезвоживанию и обессоливанию на установке ЭЛОУ.

*2. Первичная переработка нефти.* В ходе перегонки нефти в ректификационной колонне путем нагрева до темпера-



Рис. 2.36. Общий вид НПЗ



Рис. 2.37. Общий вид ГПЗ

туры 300-350°C из нефти выделяют бензиновые, керосиновые, дизельные фракции и мазут. Для более глубокой переработки нефти используется АВТ, в которой дополнительно из мазута выделяют масляные фракции (дистилляты), вакуумный газойль; в остатке образуется гудрон.

*3. Вторичная переработка нефти.* Проводится с использованием термических (термический крекинг, коксование и пиролиз) и каталитических (каталитический крекинг и риформинг) методов.

Термический крекинг - это процесс разложения высокомолекулярных углеводородов при температуре 470-540°C и давлении 4-6 МПа с образованием более легких углеводородов, формирующих бензиновую и керосиновую фракции, и газообразных углеводородов. Сырьем для термического крекинга является мазут и другие тяжелые нефтяные остатки.

Коксование - это форма термического крекинга, осуществляемого при температуре 450-550 °С и давлении 0,1 -0,6 МПа. При этом получается газ, бензин, керосино-газойлевые фракции, а также кокс.

Пиролиз - это термический крекинг, проводимый при температуре 750-900 °С и давлении, близком к атмосферному, с целью получения сырья для нефтехимической промышленности. Сырьем для пиролиза являются легкие углеводороды, содержащиеся в газах, бензины первичной перегонки, керосины термического крекинга, керосино-газойлевая фракция.

В результате пиролиза получают газы - этилен, пропилен, бутadiен, ацетилен, а также жидкие продукты - бензол, толуол,

ксилол, нафталин и другие ароматические углеводороды.

Каталитический крекинг - это процесс разложения высокомолекулярных углеводородов при температуре 450-500 °С и давлении 0,2 МПа в присутствии катализаторов (алюмосиликатов и цеолитов). Катализаторы - это вещества, ускоряющие реакцию крекинга и позволяющие осуществлять ее при более низких, чем при термическом крекинге, давлениях. Сырьем для каталитического крекинга является вакуумный газойль, продукты термического крекинга и коксования мазутов и гудронов. Получаемые продукты - газ, бензин, кокс, легкий и тяжелый газойли.

Риформинг - это разновидность каталитического крекинга, осуществляемого при температуре около 500 °С и давлении 2-4 МПа с применением катализаторов из окиси молибдена или платины. Риформингу подвергают обычно низкооктановый бензин прямой перегонки с целью получения высокооктанового бензина. Кроме того, при риформинге можно получить ароматические углеводороды - бензол и толуол.

*4. Очистка нефтепродуктов.* Фракции (дистилляты), получаемые в ходе первичной и вторичной переработки нефти, содержат в своем составе различные примеси. Состав и концентрация примесей, содержащихся в дистиллятах (сернистые соединения, нафтеновые кислоты, непредельные соединения, смолы, твердые парафины), зависят от вида используемого сырья, применяемого процесса его переработки, технологического режима установки. Вредные примеси удаляются из нефтепродуктов, т.к. присутствие, например, в моторных топливах сернистых соединений и нафтеновых кислот вызывает коррозию деталей двигателей. Непредельные соединения в топливах при хранении и эксплуатации образуют осадки, загрязняющие систему топливопроводов и препятствующие нормальной эксплуатации двигателей. Повышенное содержание смол в топливе приводит к нагарообразованию, осаждению смол на деталях камер сгорания.

На всех этапах переработки и очистки получаемых нефтепродуктов на НПЗ образуются отходы и выбросы, которые зависят от качества перерабатываемой нефти, мощности завода, его оснащённости технологическими процессами, характера и состояния применяемого оборудования и очистных сооружений, ассортимента вырабатываемой продукции, вида применяемого топлива и используемых энергий, а также географического расположения завода. Уровень загрязнений вокруг заводов зависит и от температуры: возрастает в наиболее холодные и жаркие дни (в холодные - за счет увеличения расхода топлива,

разгерметизации резервуаров светлых продуктов через дыхательные клапаны; в жаркие - за счет повышения температуры ОС, увеличения расхода охлаждающей воды и ухудшения вследствие этого работы очистных сооружений).

В процессе переработки нефти получают большой ассортимент товарных и побочных продуктов, а также полуфабрикатов и компонентов, служащих сырьем для нефтехимических и химических производств, которые часто включаются в состав НПЗ или располагаются на смежных с ними площадках. В процессе переработки нефти получают: топлива, нефтяные масла, церезины, вазелины, растворители, керосины, консистентную смазку, сажу, нефтяной кокс, битумы и др. В результате завод становится источником массовых выбросов загрязняющих веществ, представленных во всем многообразии. Поэтому практически нет заводов с одинаковыми показателями.

На НПЗ имеются следующие выбросы вредных веществ в ОС:

- выбросы в атмосферу: углерод (пары нефтепродуктов, газы), оксид углерода, азота, диоксид серы, сероводород, аммиак, фенол, бенз(а)пирен;
- выбросы сточных вод в водоемы: нефть и нефтепродукты, минеральные соли, фенол, аммиак;
- выбросы в почву: отработанная глина, шлам, ил, нефтегрязь, нефтепродукты от разливов и утечек.

Для отдельных заводов, в зависимости от специфики производства, массовыми загрязнителями могут быть жирные кислоты и спирты, кислые гудроны, органические и неорганические растворители, органические соединения серы, пылевидная сера, ароматические углеводороды, катализаторная пыль и др.

Для мощных НПЗ характерными являются относительная стабильность концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, крайне медленное ее снижение по мере удаления от источника загрязнения, а также дифференцированное загрязнение. Так, на заводах, перерабатывающих сернистые нефти, загрязнения распространяются на довольно большие расстояния за счет низкой самоочищающей способности атмосферы в районах действия НПЗ. Загрязнители в пределах 1 км от факела выброса наблюдаются затем и на расстоянии 7-10 км.

НПЗ является серьезным источником загрязнения атмосферного воздуха. Даже на современных крупных предприятиях в течение года в атмосферу выбрасываются десятки тысяч тонн углеводородов, оксидов углерода, диоксидов серы, тысячи тонн сероводорода, сернистого газа и других загрязнителей.

По характеру выбросы делятся на организованные и неорганизованные. К организованным выбросам относятся те, которые отводятся в атмосферу, водоемы и в почву с помощью специальных сооружений: это очистные сооружения, дымовые трубы и трубы газомоторных компрессоров, заводские факелы, печи сжигания шламов и других отходов, вентиляционные системы, шламовые площадки и илонакопители и т.д. К неорганизованным относятся выбросы, которые невозможно объединить и отвести в ту или иную среду. Например, утечки через неплотности в аппаратах и арматуре, испарение с поверхности сточных вод в системах канализации и очистки сточных вод, испарение из резервуаров и хранилищ, разливы и залповые выбросы нефтепродуктов в атмосферу при продувках и пропаривании аппаратов, при спусках нефтепродуктов в канализацию перед проведением ремонтных работ и т.д.

Крупными загрязнителями атмосферного воздуха являются заводские резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов. Выбросы углеводородов осуществляются через специальные дыхательные клапаны при избыточном давлении паров нефтепродуктов, открытые люки, неплотности в кровле резервуаров. Особенно увеличивается выброс при заполнении резервуаров нефтью или нефтепродуктами.

По содержанию серы нефти условно классифицируются на малосернистые (до 0,5%), сернистые (до 2%), высокосернистые (более 2%). Поступление на переработку сернистых и высокосернистых нефтей ухудшает качественные показатели получаемых нефтепродуктов, ведет к повышению коррозии, преждевременному износу оборудования, аппаратуры, арматуры, трубопроводов и сверхнормативным простоям установок, ухудшению экологической обстановки на заводе.

Для борьбы с выделениями сероводорода и продуктов сгорания в виде сернистого газа необходимы:

- высокая степень герметизации всех узлов установок и завода в целом; светлые продукты должны храниться в резервуарах с плавающими крышами, а горячие продукты, например гудроны, - под подушкой инертного газа;
- высокая степень рассеивания серосодержащих дымовых газов при помощи дымовых труб высотой более 150 м, применение высококачественных горелок, обеспечивающих бездымное горение всех видов топлив, и факелов высотой не менее 75 м;
- глубокое обессеривание как газообразных, так и жидких нефтепродуктов, применение процессов гидроочистки, а также

обдувка сернистых органических соединений паром и их сжигание на факелах или в топках печей;

- максимальное удаление технологических установок, отличающихся большим выделением серосодержащих газов, от мест наибольшего сосредоточения технического персонала завода и ближайшего населения.

На НПЗ сжигают отходящие газы, неорганизованные выбросы паров углеводородов, дурно пахнущие вещества, окисленный воздух от битумных установок, сероводород. При сжигании вместо одних загрязнителей появляются другие, которые могут оказаться более токсичными. Например, при сжигании углеводородов выделяются непредельные углеводороды, оксид углерода, оксиды азота, технический углерод, диоксид серы, сероводород, синильная кислота и др. Следовательно, сжигать выбросы необходимо только в том случае, когда вновь образующиеся вещества менее токсичны и загрязняют воздух меньше, чем исходные.

НПЗ относятся к промышленным предприятиям с высоким уровнем потребления воды - как свежей, так и оборотной. Это делает проблему охраны водных ресурсов от загрязнений отходами завода особенно актуальной. Расход воды для производственных целей (а значит, и объем сточных вод) возрастает с глубиной переработки нефти. Наибольший расход воды отмечается на стадии подготовки нефти в процессе ее обезвоживания и обессоливания. В результате повторного использования воды от II ступени обессоливания нефти на I ступени сокращается на 4-6% объем сточных вод. За счет организации оборотного водоснабжения удается возвратить 97-98% воды.

За последнее время мероприятиями по борьбе с загрязнением естественных водоемов на установках АВТ явились применение конденсаторов и холодильников воздушного охлаждения, замена барометрических конденсаторов смешения на поверхностные конденсаторы.

Содержание различных загрязняющих веществ в сточных водах определяется качеством перерабатываемой нефти, технологией ее переработки, качеством конечных продуктов, оснащением предприятия. Особенностью НПЗ является то, что сточные воды образуются совокупностью потоков, собираемых на заводе в целом. Производственные сточные воды на НПЗ подразделяются на следующие виды:

- нейтральные нефтесодержащие сточные воды;
- солесодержащие воды;

- сернисто-щелочные воды;
- кислые сточные воды;
- сероводородсодержащие сточные воды.

Крупнотоннажными отходами на НПЗ являются сернисто-щелочные сточные воды. Они содержат сульфиды, гидросульфиды, меркаптаны, фенолы и другие соединения. Их обезвреживают методом карбонации, а также окислением кислородом воздуха. Если загрязнения нельзя устранить механическим путем или путем химического воздействия реагентами, тогда производят окисление загрязнителей хлором и его соединениями (хлорная известь, гипохлорид натрия или кальция). Для глубокой очистки сточных вод служит биохимическая очистка, при которой растворенные в воде органические вещества подвергаются биохимическому разложению при помощи бактерий и микроорганизмов (активный ил) в присутствии кислорода или без его участия в процессе очистки.

Требования органов санитарного надзора весьма жестки (менее 10 мг нефтепродуктов на 1 л чистой воды). Очистка и дезодорирование сточных вод с удалением сероводорода, меркаптанов и аммиака проводятся путем продувки сточных вод паром либо окисления этих веществ воздухом до образования соединений, не имеющих запаха. Применяется также биохимическая очистка сточных вод.

Особенностью технологического процесса переработки нефти является то, что в колоннах, установках, оборудовании, емкостях, трубопроводах постепенно образуются толстые слои парафиновых и смолистых нефтяных отложений. Для поддержания технологического режима асфальто-смолистые отложения периодически удаляются с помощью моющих средств. Как показал опыт, эффективным моющим средством является техническое жидкое концентрированное средство «Жени-лен» (разработка ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» и ООО «Пермхимпродукт»). Оработанный раствор после промывки оборудования технологических установок на работу очистных сооружений предприятий существенно не влияет.

## 2.10. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

Агрессивные свойства нефти, нефтепродуктов, пластовых вод вызывают разрушение рабочих поверхностей механизмов, оборудования, коммуникаций, соприкасающихся с жидкостями, на всем протяжении движения нефти от пласта до НПЗ. **Скорость**

разрушения металла может достигать 1 мм в год и более. Коррозионные разрушения приводят к техногенным авариям с тяжёлыми экологическими последствиями. Прямые убытки от коррозии оцениваются в 4% от национального дохода экономически развитых стран. В США эти убытки ежегодно исчисляются суммой в 50 млрд долларов, в России - более 100 млрд рублей.

Ежегодно только на нефтепромысловых трубопроводах происходит 50-70 тыс. отказов, из них 90% отказов являются следствием коррозионных повреждений. Из общего числа аварий 50-55% приходится на долю систем нефтесбора, 42% труб не выдерживают пятилетней эксплуатации, а 17% - даже двухлетней. На ежегодную замену нефтепромысловых сетей расходуется 7-8 тыс. км труб, или 400-500 тыс. т стали.

Видов коррозии и их проявлений в технике множество. Практически оборудование и другая техника, используемая в нефтяной и газовой промышленности, подвержены сильной коррозии. В связи со специфическими условиями работы оборудования (в скважине, в земле, под открытым небом, в различных метеорологических условиях, в коррозионной среде, подвергаясь циклическим нагрузкам и т.д.) вопрос защиты нефтяного оборудования встает остро. Внешняя и внутренняя коррозия в процессе эксплуатации технических устройств является главной причиной преждевременного выхода из строя наземного и подземного нефтегазопромыслового оборудования, подземных коммуникаций и прочего.

В качестве примера воздействия коррозионной среды на работу механизмов можно привести работу УЭЦН. Основная причина отказа установки - коррозия погружного электродвигателя, выполненного в обычном, не коррозионно-стойком исполнении (рис. 2.38).

Двигатели с антикоррозионным хромоникелевым покрытием (ТЗСП) корпуса защищают поверхность от коррозии (рис. 2.39), в результате чего срок работы двигателя резко возрастает.

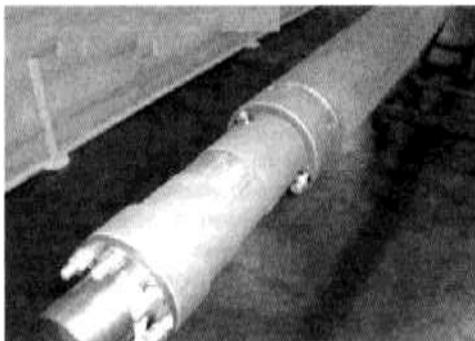
Эффективность защиты оборудования в значительной степени зависит не только от правильного выбора средств защиты, но и от метода его использования, позволяющего при минимальных затратах получать значительное торможение коррозионных процессов на металле. Если с наружной коррозией можно бороться в силу доступности, то борьба с внутренней коррозией представляет серьёзную задачу. Поэтому защита от коррозии с помощью ингибиторов является наиболее современным и

перспективным методом, применяемым в мировой практике. В результате использования ингибиторов коррозии значительно снижается аварийность за счет создания защитной пленки на рабочих поверхностях оборудования и трубопроводов, которая и предотвращает коррозию металла.

Ингибиторная защита является одним из наиболее простых, эффективных и во многих случаях экономически целесообразных методов борьбы с коррозией. Несомненным достоинством этого метода следует считать возможность его применения без изменения соответствующих технологических процессов на уже существующих объектах. Кроме того, ингибиторная защита значительно снижает количество аварийных порывов, разливов сточных вод, что улучшает экологическую обстановку на месторождениях. Так, на промыслах при эксплуатации скважин ШГНУ применяется дозатор ингибиторов ДИС-



*Рис. 2.38.* Сквозная коррозия корпуса электродвигателя



*Рис. 2.39.* Хромоникелевое покрытие корпуса

146, который устанавливается под глубинный насос. Дозатор

используется для подачи специальных химических добавок - ингибиторов коррозии, предназначенных для защиты от образования парафиновых и солевых отложений. При эксплуатации погружных электронасосов применяется глубинный дозатор типа ДГ 0,2/0,5, предназначенный для объемного дозирования ингибиторов коррозии; устанавливается дозатор ниже приема скважинного насоса (рис. 2.40).

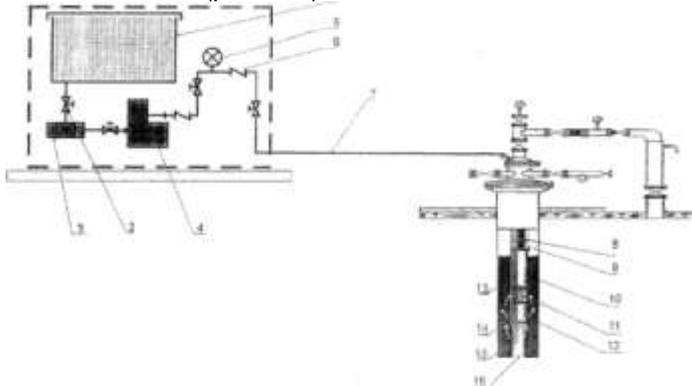


Рис. 2.40. Компоновка дозатора на приеме УЭЦН:

- 1 - технологическая емкость с ингибитором коррозии; 2 - запорный клапан; 3 - фильтр очистки; 4 - дозировочный насос; 5 - манометр; 6 - обратный клапан; 7 - трубопровод; 8 - обратный клапан; 9 - НКТ; 10 - погружной насос; 11 - модуль приема; 12 - протектор; 13 - кабель; 14 - гибкий трубопровод; 15 - фильтрующий элемент; 16 - ПЭД

Следует отметить, что по рассмотренной схеме можно под насос подавать эмульгатор (типа СПХ 4114) для снижения вязкости нефти, что приведет к дроблению (диспергированию) эмульсии добываемой жидкости (нефти и пластовой воды) в виде капель (глобул).

Для борьбы с явлениями коррозии оборудования, например, в системе ППД проводится обработка сточных вод ингибиторами коррозии. Сточные воды характеризуются высокой коррозионной активностью из-за наличия солей, сероводорода, кислорода, сульфидов железа и др. Технология защиты оборудования с помощью ингибиторов коррозии предусматривает проведение следующих операций. Ингибитор коррозии завозится на участки ППД бойлерами (в насосные станции) и сливается в емкости хранения ингибитора. Из них ингибитор коррозии поступает в расходный бак установки дозирования химреагента, откуда насос-дозатор подает ингибитор в приемный трубопровод. Насо-

сом-дозатором регулируется норма подачи ингибитора (приблизительно  $40 \text{ г/м}^3$ ), которая зависит от типа ингибитора и норм расхода ингибитора, установленных для объемов закачки подтоварной воды. Ингибитор коррозии в защищаемую систему вводится при непрерывной закачке. Обработанная сточная вода поступает в приемные трубопроводы насосов ЦНС, которые подают ее по высоконапорному трубопроводу в блок напорной гребенки, откуда жидкость распределяется по разводящим водоводам к нагнетательным скважинам. При такой схеме все технические устройства, входящие в систему ППД (насосное оборудование БКНС, нагнетательные трубопроводы, оборудование нагнетательных скважин), защищаются ингибитором коррозии.

В качестве ингибиторов коррозии применяются отечественные и зарубежные составы: «Сонкор 9601 М», «Сон-кор 9701», «Кор Мастер 1045», АКМА, «Амдор ИК-3», «До-дикор V 4712», «Кор Клиар 3435», «Дигасфен», «Катамин-АБ», «Додиген-S-180», «Гипх-ЗБ», ИКТ-1, Servock-378 (Нидерланды), «Бактирам-607» (Франция), «Союз 2000», «Неф-техим-3», СНПХ 6438Б, «Азол 5010», «Рекорд 608», «Вфикс-82», «Витал», «Антик-1», ВНПП-1, «Викор» (г. Уфа) и др. Успешно применяются ингибиторы для защиты нефтегазового оборудования от сероводородного растрескивания.

Это формальдегиды, тетраэтиленпентамин и добавки «Ду-омен Т» (на основе анионов жирного ряда), ингибиторы коррозии «Волга» (обладают также бактерицидными свойствами). Ингибиторы коррозии серии «Азимут» (г. Уфа) используется для защиты оборудования, работающего в сероводородсодержащих высокоминерализованных средах.

На Астраханском газоконденсатном месторождении для защиты технологического оборудования и трубопроводов от коррозии успешно применяются ингибиторы коррозии «Секангаз-9Б», «Сепакорр 5478 АМ», «Додиген 4482-1», обладающие высокой термостабильностью, стойкостью пленки и предохраняющие от наводораживания. Для снижения порывов газопроводов попутный газ обрабатывается ингибиторами коррозии «Донбасс-3» и «Донбасс-4».

Особую опасность представляют трубопроводы для транспортировки различных по составу продуктов: сырой нефти, продуктов перегонки нефти (бензин, дизельное топливо), природных газов. Трубопроводы имеют значительную протяженность, проходят через несколько климатических зон, форсируют многочисленные водные бассейны, проложены вблизи

больших городов, промышленных предприятий, что представляет опасность как для людей, так и экологической обстановки. Например, на Усть-Балыкском месторождении (ОАО «Роснефть») на ДНО из-за коррозии металла произошел разлив нефтяной эмульсии. Была приостановлена работа 249 скважин Усть-Балыкского месторождения и 20 скважин Омбинского месторождения. На следующий день на Усть-Балыкском месторождении произошел разрыв нефтепровода, из-за которого была приостановлена работа еще 92 скважин. Авария также произошла из-за коррозии.

Хотя механизм коррозии в разных условиях различен, по виду разрушения поверхности металла различают:

- общую коррозию, т.е. равномерно распределенную по поверхности металла;
- местную (локальную) коррозию, т.е. сосредоточенную на отдельных участках поверхности. Она бывает в виде пятен (неглубокие, небольшие по площади поражения), язв (глубокие поражения на небольших участках поверхности), точек (питтингов), ручейковой коррозии (протяжное коррозионное разрушение по нижней образующей трубопровода).

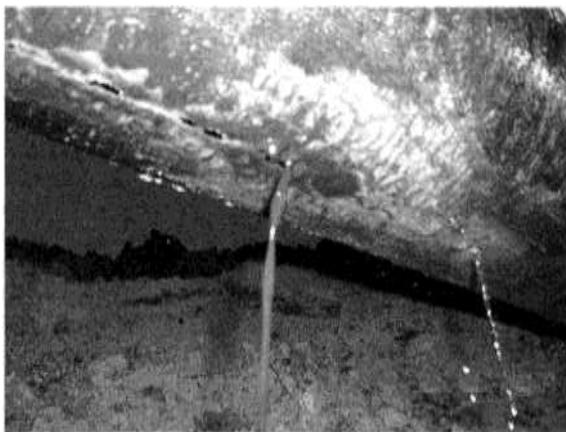
На рис. 2.41 показан результат воздействия ручейковой коррозии.

В зависимости от вида повреждения применяют соответствующий способ восстановления трубопроводов при их ремонте. Одиночные коррозионные язвы, точки, пятна, риски, задиры на поверхности трубы устраняются зачисткой поверхности, шлифовкой. Одиночные язвы сферической или цилиндрической формы устраняются наплавкой металла на них. Глубокие язвы сферические или цилиндрические ремонтируются приваркой заплат. Групповые язвы, сплошная коррозия по периметру трубы устраняются приваркой муфты. Ручейковая коррозия, групповые коррозионные повреждения, трещины, свищи, вмятины, гофры восстановлению не подлежат: такие участки труб вырезаются и сдаются в металлолом, а на их место привариваются новые.

Число аварий прогрессирует со «старением» трубопроводов. Кроме того, при эксплуатации трубопроводов возможны экстремальные ситуации в результате изменения гидрогеологии, микроклимата и связанных с ними деформаций грунтов и силовых воздействий.

Причинами аварий и отказов магистральных нефтепроводов являются:

- почвенная коррозия труб;
- разрушение сварных стыков труб;
- ручейковая коррозия внутренней поверхности труб;
- дефекты труб;



*Рис. 2.41. Дефект трубы от ручейковой коррозии*

- механические повреждения трубопроводов строительной, транспортной и сельскохозяйственной техникой; брак при строительно-монтажных работах.

Анализ разрушений магистральных трубопроводов показывает, что размеры разрушений труб нефтепроводов по длине не превышают 5-6 диаметров, газопроводов - составляют десятки, сотни метров и даже километры. Разрушение по кольцевому (монтажному) шву происходит вследствие непроваров и других дефектов сварки с повышенными внутренними напряжениями в теле трубы.

Разрушения по механизму и физической природе имеют следующие разновидности: статические, квазистатические, усталостные; коррозионный износ, коррозионно-механическое растрескивание, сероводородное охрупчивание. Так, например, кислый влажный газ Астраханского ГКМ является высокоагрессивным по отношению к углеродистым, легированным сталям и к другим сплавам из-за агрессивности углекислого газа и сероводорода. Углекислотная коррозия характеризуется обычно язвенными разрушениями, а сероводородная - охрупчиванием металла и коррозионным растрескиванием. Поэтому с целью предотвращения процессов коррозии при добыче и транспортировке газоконденсатной смеси применяются специальные стали, сплавы и материалы, ингибиторы коррозии, антикоррозионные покрытия, электрохимическая защита подземных трубопроводов. Кроме того, предусматривается ряд мер технологического характера: поддержание скоростей потока транспортирующей газоконденсатной смеси на уровне, препятствующем эрозионному или кавитационному разрушению, устранение застойных зон в трубопроводах, периодическая очистка трубопроводов с применением специальных поршней с целью удаления образующихся отложений.

Для магистральных нефтепроводов наиболее распространенной является электрохимическая коррозия - окисление металла в электропроводных средах, сопровождающееся образованием электрического тока; для газопроводов наиболее вероятной является химическая коррозия.

Трубопроводы (кроме надземных) независимо от условий эксплуатации подлежат электрохимической (катодной) защите. Она должна обеспечивать в течение всего срока эксплуатации непрерывную по времени катодную поляризацию трубопровода на всем его протяжении таким образом, чтобы значения потенциалов на трубопроводе были не менее и не более максимального

значения.

Система катодной защиты включает несколько установок катодной защиты, каждая из которых состоит из источника электропитания, катодной станции (преобразователя), сосредоточенных, распределительных, глубинных и протяжных анодных заземлителей, линий постоянного тока, объединенных в одну электрическую цепь, шунтов, поляризованных элементов, блоков дистанционного контроля и регулирования параметров защиты.

В последнее время при проведении капитальных ремонтов скважин стали применять катодную защиту обсадных колонн от коррозионного разрушения. Это вызвано тем, что обсадные трубы интенсивно разрушаются под действием добываемой агрессивной жидкости (нефть, пластовая вода, газ), проходящей через колонну.

Для защиты от коррозии различных аппаратов, оборудования, резервуаров, выкидных линий небольшой протяженности применяют протекторные защиты. Система протекторной защиты включает установки протекторной защиты, состоящие из одиночного сосредоточенного или протяжного протектора или их группы, соединительных проводов (кабелей), контрольно-измерительных пунктов. Протекторы изготавливаются из сплавов магния, алюминия, цинка, обладающих стабильным во время эксплуатации электродным потенциалом, более отрицательным, чем потенциал защищаемого оборудования или трубопровода.

Для нефтепромыслов характерно образование биокоррозии - коррозии под действием микроорганизмов. Под бактериальным фактором понимается зараженность пластовых вод микроорганизмами и прямое или косвенное влияние, которое они оказывают на процессы коррозии. В большинстве случаев факты появления ускоренных коррозионных повреждений нефтепромышленного оборудования и трубопроводов традиционно связывают с действием сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ) и продуктов их жизнедеятельности - сероводорода и сульфата железа. Такая ситуация характерна для многих месторождений Урало-Поволжья, пластовые воды которых содержат значительные концентрации сероводорода биогенного происхождения (150-350 мг/л). Качественными признаками действия СВБ служат запах сероводорода и потемнение воды из-за накопления диспергированных частиц сульфида железа.

Расчетный срок службы магистральных трубопроводов - 33 года (но они работают до 50 лет и более); срок службы наружной изоляции (битумной - 10 лет, полимерных покры-

тий - до 15 лет) невелик. Степень защищенности внутренних поверхностей трубопроводов представляет собой серьезную проблему. Коррозионные повреждения здесь происходят намного раньше усталостных разрушений. Поэтому необходимы надежные защитные покрытия, особенно для трубопроводов, прокладываемых в болотах, в вечной мерзлоте, где ремонт труб практически невозможен.

Общие требования к защите от подземной и атмосферной коррозии наружной поверхности стальных магистральных трубопроводов, транспортирующих природный газ, нефть и нефтепродукты, изложены в ГОСТ Р 51164-98 «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии». Проекты по строительству магистральных трубопроводов протяженностью более 100 км с элементами противокоррозионной защиты должны проходить государственную экспертизу в специальных органах на соответствие требованиям государственной стандартизации.

Основными средствами защиты трубопроводов и оборудования от коррозии являются следующие:

1. Лакокрасочные материалы. Защита от атмосферной коррозии арматуры, металлоконструкций, подземных трубопроводов проводится в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11 - 85. Конструкция покрытия: грунтовка ГФ-021 по ГОСТ 25129- 82 - один слой; краска БТ-177 по ГОСТ 5631-79 - 2 слоя.

2. Покрытие на основе эпоксидных смол для защиты внутренних поверхностей дренажных емкостей в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11 -85. Конструкция покрытия: шпатлевка ЭП-0010 по ГОСТ 10277-90 - 2 слоя, эмаль ЭП-773 по ГОСТ 23143-83 - 3 слоя. Толщина покрытия 130 мкм. Применяется также эпоксидное покрытие, армированное стеклом.

3. Изоляция усиленного типа по ГОСТ Р 51164-98 на основе полимерных липких лент для защиты от почвенной коррозии наружных поверхностей подземных стальных трубопроводов и дренажных емкостей. Конструкция изоляции: грунтовка Праймер НК-50 - один слой, лента полиэтиленовая «Полиэтилен-40 - ЛИ-63» - один слой, обертка липкая полиэтиленовая «Полиэтилен - ОБ-40-ОБ-63» - один слой. Толщина покрытия не менее 1,2 мм.

4. Наружное антикоррозионное покрытие на основе экструдированного полиэтилена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51164-98. Конструкция покрытия: адгезионный подслой тризолон 190, полиэтилен 153-10К (ГОСТ 16336-77). Толщина изоляции 2,0-2,2 мм.

5. Наружная защита стальных поверхностей резервуаров и трубопроводов покрытием цинк-эпоксидным или цинк-полиуретановым составом; полиуретаном, модифицированным акрилом.

6. Внутреннее покрытие труб на основе эпоксидного материала с высоким сухим остатком.

7. Металлические трубы с установкой защитных втулок, устанавливаемых на герметик (ООО «КЖОРТ»). Наружное покрытие COPON HUSCOTE 165 толщиной 2,0-2,6 мм, внутреннее ТРЕПП-ТР толщиной 412-534 мкм в соответствии с РД 02-01297858-00.

8. Защитные покрытия усиленного типа на основе полимерных полеолефиновых, стекломалевок, битумно-полимерных материалов, полиуретановых смол (лаков), эпоксидных красок, стеклотканей.

9. Термоусаживающийся изоляционный материал ТИАЛ для антикоррозионной защиты трубопроводов.

10. Полиамидное покрытие RILSAN (французская фирма ARKEMA - дочерняя компания фирмы TOTAL) для защиты нефтепромыслового и газового оборудования, трубопроводов. Наружное и внутреннее покрытия обладают отличной устойчивостью к коррозии, хорошей химической стойкостью, сопротивлением износу и истиранию, эластичностью, нетоксичностью. Рильсановое покрытие применено при строительстве газопровода «Россия - Турция» через акваторию Черного моря (проект «Голубой поток» ОАО Газпром).

На рис. 2.42 показано нанесение изоляционного покрытия с помощью специальных механизированных комплексов, перемещающихся вдоль сваренной трубы. Оборудование очищает поверхность трубы, удаляя ржавчину и окалину, затем наносится праймер и следом за ним - защитное покрытие.

При нанесении различных покрытий защитный слой контролируется неразрушающими методами с помощью толщиномеров типа МТ-10НЦ или МТ-50НЦ, «Константа К 5», диэлектрическая сплошность покрытия - искровым дефектоскопом типа «Корона 2», «Холлидей», «Крона-1 РМ».

В процессе эксплуатации помимо визуального осмотра осуществляются следующие методы контроля над состоянием оборудования и трубопроводов:

- путем установки контрольных образцов;
- по показаниям датчиков скорости коррозии;

- по узлам контроля коррозии;
- по зондам предупреждения разрушения;
- с помощью ультразвуковой толщинометрии.

Эффективным средством контроля над процессом коррозии является гравитационный метод - по потере массы стальных образцов-свидетелей, изготовленных из стали 20 и установленных через лубрикаторные устройства в поток жидкости в соответствии с требованиями РД 393-669-81. Через месяц работы образцов их сдают в лабораторию на анализ.

В последнее время для диагностики трубопроводных систем и нефтепромыслового оборудования стали применять специальную акустико-эмиссионную систему и передвижной коррозионно-метрический комплекс. С помощью этих мобильных устройств можно оперативно, прямо на местности получать исчерпывающие сведения о причинах коррозии и степени изношенности оборудования, что позволяет быстро и своевременно принимать решения о его восстановлении и устранении неполадок.

Для кардинального решения проблем коррозионной защиты нефтепромысловых трубопроводов можно рекомендовать новые неметаллические материалы в конструкциях труб.

1. *Гибкие полимерно-металлические трубы (ГПМТ)* нефтяного сортамента выпускаются для транспортировки продукции нефтяных скважин и для закачки пластовых сточных вод (ООО «Реммаш-Сервис», г. Отрадный Самарской области). Трубы внутреннего (условного) диаметра от 50 до 150 мм, максимального рабочего давления до 4 МПа, длиной от 80 до 350 м применяют для внутрипромысловых условий эксплуатации;



Рис. 2.42. Нанесение внешних изоляционных покрытий труб в полевых условиях

трубы диаметром 50-100 мм, рабочим давлением 10-20 МПа, длиной 150-300 м - для целей ППД. На рис. 2.43 показано расположение ГПМТ на поверхности земли (болота).

ГПМТ характеризуются:

высокой химической стойкостью к нефтепромышленным средам, содержащим сероводород, углекислый газ, механические примеси, морскую воду;

- высокой механической прочностью и надежностью;
- высокой монтажеспособностью и транспортабельностью;
- возможностью соединения труб в полевых условиях с помощью фланцевых соединений и уплотнительных колец;
- сроком службы до 25 лет в условиях и средах, при которых срок службы стальных труб не превышает 6-12 месяцев.

2. *Бипластмассовые трубы.* На рис. 2.44 изображена прокладка трубопроводов в северных регионах (г. Когалым, Тюменская область).

3. *Полимерные армированные трубы (ПАТ).* Трубы применяются в условиях высокой агрессивности транспортируемых сред (нефтегазовые смеси, сточные воды, техническая вода, кислотные и щелочные растворы и т.п.), при высокой коррозионной активности грунтов и наличии блуждающих токов, при рабочем давлении до 4 МПа и температуре транспортирующей среды не выше плюс 60 °С, при температуре наружного воздуха минус 40 °С. ПАТ применяются также при строительстве трубопроводов способом протаскивания в выведенных из эксплуатации стальных трубопроводах. Способ заключается в последовательной



Рис. 2.43. Наземная укладка ГПМТ



Рис. 2.44. Трубопровод из бипластмассовых труб

сварке ПАТ с одновременным протаскиванием плети внутрь прямолинейного участка старого трубопровода.

Трубы длиной 10-11 м изготавливаются методом экструзии из полимерных материалов (полиэтилена низкого давления марок ПЭ-63 или ПЭ-80 по ГОСТ 16338-85) с одновременным армированием стальным сварным каркасом из проволоки диаметром 2,5-3 мм (ГОСТ 3282-74) с шагом навивки 6-8 мм. ПАТ изготавливает ЗАО «Полимак» (г. Екатеринбург).

Концы ПАТ оформляются под различные виды соединений:

- сварное встык (СВ);
- резьбовое муфтовое (РМ);
- фланцевое (Ф);
- резьбовое раструбное.

Основным способом соединения является сварное соединение встык. Полимерные соединительные детали (тройники, углы поворота) изготавливаются методом сварки встык из ПАТ.

ПАТ широко применяются в ООО «Лукойл-Пермь». Положительным качеством является производство сварочно-монтажных работ в полевых условиях без использования грузоподъемных механизмов. Недостаток - должна быть предусмотрена защита труб от воздействия солнечных лучей.

4. *Стеклопластиковые трубы (СПТ)*. Применяются в системе сбора и транспортировки нефти и газа, ППД и в качестве НКТ. СПТ рассчитаны на рабочее давление до 25 МПа, обладают высокой коррозионной стойкостью, высокой продолжительностью

эксплуатации в агрессивных средах, имеют низкое гидравлическое сопротивление и др.

## **2.11. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

В соответствии с требованиями природоохранного законодательства все земли, нарушенные в период цикла строительства, эксплуатации промышленных объектов, подлежат рекультивации - комплексу мероприятий, направленных на восстановление хозяйственной, медико-биологической и эстетической ценности нарушенных ландшафтов. Рекультивация земель должна проводиться с учетом почвенно-климатических условий, степени повреждения и загрязнения, ландшафтно-геохимической характеристики нарушенных земель. Главной задачей при проведении рекультивации является возвращение землепользователю не только восстановленной почвы в первоначальном виде, но и с улучшенным почвенным покровом и растительностью.

Рекультивация земель должна проводиться в соответствии с ГОСТ 17.4.3.03-84 и ГОСТ 17.5.1.02-85 «Классификация нарушенных земель для рекультивации» и «Положение о порядке передачи рекультивированных земель землепользователю предприятиями, организациями и учреждениями, разрабатывающими месторождения полезных ископаемых и торфа, проводящими геологоразведочные, изыскательские, строительные и иные работы, связанные с нарушением почвенного покрова». Разработка проектной документации должна проводиться в соответствии с РД 39-00147105-006-97.

Рекультивация должна проводиться независимо от объемов загрязнений и площади нарушения. Она включает два этапа: технический и биологический. Техническая рекультивация земель применяется для ликвидации основных загрязнений по возможности до первоначального состояния. Биологическая рекультивация направлена на окончательную очистку загрязненных земель и создание сомкнутого травостоя и предотвращение развития водной и ветровой эрозии почв.

Наибольшую экологическую опасность представляют неуправляемые поступления из скважин пластовых флюидов (открытые фонтаны и выбросы), земляные амбары с буровыми

отходами, аварийные разливы нефти, пластовых вод на промыслах (разрывы резервуаров, технологических аппаратов, промысловых трубопроводов), разливы жидких углеводородов из хранилищ и магистральных трубопроводов.

При восстановлении земель, нарушенных бурением, рекультивации подлежат земляные амбары, рабочая площадка буровой, кустовые площадки, трассы передвижения БУ крупноблочным способом. Работы по рекультивации рабочих и кустовых площадок, земляных амбаров должны проводиться в течение 12 месяцев после окончания бурения скважин. Самой трудоемкой и ответственной операцией является рекультивация земляных амбаров с буровыми отходами.

Перед рекультивацией территории буровой проводятся следующие подготовительные работы:

- вывоз неизрасходованных материалов;
- вывоз емкостей для сбора жидких отходов, ГСМ, смесей из дренажного котлована;
- демонтаж сборных фундаментов и вывоз их для последующего использования;
- разбивка монолитных бетонных фундаментов, площадок и вывоз их для использования при строительстве дорог, других объектов или в места свалок, согласованные с местными органами самоуправления;
- очищение территории от металлолома, древесных отходов и других материалов с последующей их утилизацией.

На рис. 2.45 запечатлен момент бесхозяйственной деятельности нефтяников.



Рис. 2.45. Следы «деятельности» работников

Техническая рекультивация включает в себя следующие

мероприятия:

- сбор грунтов, загрязненных нефтью, буровым раствором, сточными водами, химреагентами, ГСМ и вывоз их в специально отведенные места, согласованные с контролирующими органами;
- засыпка зачищенных мест плодородным слоем почвы, убранной до начала строительства скважины; возможен привоз недостающего грунта;
- планировка территории, выравнивание, взрыхление в местах, сильно уплотненных; подготовка территории для последующих работ по эксплуатации скважин;
- восстановление естественного или организованного водоотвода;
- проведение берегоукрепляющих работ и прочее.

После окончания бурения и освоения скважины земляные амбары заполнены отработанными буровыми, тампонажными растворами, БСВ и БШ, пластовыми водами, продуктами испытания скважины, химреагентами, ГСМ, хозяйственно-бытовыми отходами, ливневыми сточными водами. Такое сложное сочетание различных компонентов делает рекультивацию амбаров трудной задачей. Желательно рекультивацию амбаров производить после утилизации содержимого или захоронения его в специально отведенных для этого местах. Если содержимое амбаров не представляет серьезной опасности с экологической точки зрения, то практикуется перед засыпкой котлована удаление из его верхнего слоя подвижной (жидкой) фазы отходов. Для этого в амбар вводят коагулянты и после 30-40 часов отстоя производят откачку осветленной части отходов в промежуточную емкость для последующей нейтрализации жидкой фазы в промышленном нефтесборном коллекторе (минуя замерную установку «Спутник»). Значение водородного показателя рН в жидкости доводят до 7 единиц, используя кальцинированную соду. После откачки жидкой фазы содержимое шламового амбара подвергается отверждению путем посыпки цементом.

Можно использовать другой способ очистки земляных амбаров, когда с поверхности земляных амбаров производится сбор нефтяной пленки (с помощью установок типа УСН-2, УСН-300, СМ-5 производительностью 0,2-5,0 м<sup>3</sup>/час). Оставшаяся в амбаре жидкость перемешивается в течение 1-2 суток с добавлением растворов органических флокулянтов (ФТ-41, ПТ-506), неорганических флокулирующих сорбентов (СФ-А1). При этом эмульсия разрушается. Жидкая фаза прокачивается через установку НЗУ-10, горизонтальный отстойник, где задерживается основная

масса нефтепродуктов и взвешенных частиц, и дополнительно пропускается через камеру с двухступенчатыми фильтрами с сорбентом (установка УДП). Адсорбент обеспечивает быструю коагуляцию нефти. Очищенная вода затем используется в технических целях или сбрасывается в водные объекты.

Ликвидация земляных амбаров с обезвреженными отходами производится путем засыпки грунтом из обваловки амбаров или привозным. Засыпка котлованов в теплое время происходит, как правило, не сразу после окончания бурения скважин, а через определенный период - после подсыхания их содержимого. В зависимости от природно-климатических условий этот период может составлять от нескольких месяцев до 2-3 лет, что обусловлено тиксотропными свойствами отработанных буровых растворов. Засыпка и планировка поверхности невысохшего амбара чревата опасностью проваливания в него используемой для этих целей техники. Засыпка амбаров в обязательном порядке производится сначала минеральным грунтом или песком, причем толщина этого слоя должна обеспечивать надежную изоляцию содержимого амбара от наносимого сверху плодородного слоя, а для районов Севера и Западной Сибири - слоя торфа или мха.

Заслуживает внимания опыт ликвидации шламовых амбаров путем их закрытия синтетическими неткаными материалами типа «Дарнит» с последующим нанесением на него слоя минерального грунта или торфяника (опыт ОАО «Юганскнефтегаз»). Этот способ наиболее целесообразен для районов Сибири и Севера европейской части России, где короткое лето, за время которого не удастся провести полный цикл рекультивационных работ, включая и биологический этап.

Следует помнить о том, что во время рекультивации плодородные слои перемешиваются с подстилающими грунтами, поэтому плодородие почвы снижается на этой площади в 2-3 раза из-за структурных нарушений. На восстановление плодородия в естественных условиях в благоприятных природно-климатических условиях требуется 3-5 лет. Если работы по рекультивации не проводятся своевременно, то негативные последствия усугубляют водная и ветровая эрозии. Поэтому проблемам рекультивации загрязненных земель необходимо уделять особое внимание.

Наиболее часто загрязнения земель происходят на промыслах и при транспортировке нефти в случае порывов нефтепроводов. Исследования, проведенные в разных зонах России, выявили наличие пороговых уровней концентрации нефтепродуктов с соответствующей степенью техногенной загрязненности

почвогрунтов (табл. 2.15).

Нижний безопасный уровень содержания нефтепродуктов в почвогрунтах для территории России и Украины отвечает низкому уровню загрязнения и составляет 1000 мг/кг. Ниже этого уровня в почвенных экосистемах разных природных зон происходят относительно быстрые процессы самоочищения, а негативное влияние на ОС незначительно. Минимальный уровень содержания нефтепродуктов в почвах и грунтах, выше которого наступает ухудшение качества природной среды, можно назвать верхним безопасным пределом концентрации, или ПДК. ПДК нефтепродуктов в почвах в большинстве стран не установлен, т.к. он зависит от сочетания многих факторов: типа, состава, свойств почв и грунтов, климатических условий, состава нефтепродуктов, типа растительности, типа землепользования и т.д. Эти нормы должны вырабатываться для определенного района и определенного типа почв.

В процессе добычи нефти на промыслах в силу длительной эксплуатации скважин часто возникают загрязнения почв нефтью местного характера. При малых разливах нефти можно рекомендовать следующие методы ликвидации последствий нефтяных разливов:

1) засыпка замазученных земель карьерным или намывным песком. Восстановление плодородия почвы в этом случае продолжительное;

Т а б л и ц а 2.15

**Уровни нефтепродуктового загрязнения почвогрунтов**

Уровень загрязнения	Общее содержание нефтепродуктов в почвогрунте	
	мг/кг	%
Фоновый	100-500	0,01-0,05
Низкий	500-1000	0,05-0,1
Умеренный	1000-5000	0,1-0,5
Средний	5000-10000	0,5-1
Высокий	10000-50000	1-5
Очень высокий	Больше 50000	Больше 5



2) засыпка нефтяных разливов торфом с перемешиванием мульчирующего торфяного слоя с загрязненным грунтом;

3) взрывной способ перемешивания нефтезагрязненных земель на торфяных залежах с помощью микрозарядов;

4) наиболее приемлемый способ - вывоз загрязненных грунтов на специальные полигоны накопления. Очищенные места засыпаются плодородным грунтом или песком;

5) комплексный метод рекультивации - вывоз загрязненных земель с последующим внесением минеральных удобрений на оголившиеся места и проведение агротехнологий с высевом трав-мелиорантов, устойчивых к нефтяному загрязнению почвы.

Во всех вариантах рекультивацию загрязненных земель необходимо выполнять согласно требованиям РД-0147103-365- 86 «Инструкция по рекультивации земель, загрязненных нефтью».

Наибольшую опасность представляют аварии на магистральных нефтепроводах, когда аварийные разливы нефти охватывают значительные территории.

В планах ликвидации возможных аварий для объектов магистральных нефтепроводов должны быть предусмотрены меры по ликвидации последствий загрязнения почв, водных бассейнов и подземных вод от аварийных разливов нефти, учитывающие специфику обстоятельств аварий и местные условия.

Техническая рекультивация проводится силами и средствами организации, от деятельности которой произошло нарушение земель, или для этих целей она может привлечь организацию, специализирующуюся на этих видах работ. Рекультивация нефтезагрязненных почв и грунтов предполагает проведение следующих мероприятий: локализация места разлива, землевла- ние, сгревание и вывоз загрязненного слоя или выжигание.

Наиболее экономически и экологически приемлемым способом ликвидации замазученности земель является рекультивация их на месте. Разлившуюся при аварии нефть локализуют техническими и мелиоративными сооружениями. Нефть отводят в естественные понижения, защитные амбары, траншеи или оконтуривают дамбами. Отвод нефти в понижения нецелесообразен, так как происходит загрязнение новых площадей по направлению движения нефти. Защитные дамбы трапецеидальной формы из однородного грунта могут применяться только в течение непродолжительного времени, по-



сколько возможна фильтрация нефти сквозь тело дамбы. В качестве вспомогательных средств, которые могут задержать распространение нефти, используют природные и искусственные сорбенты: торф, полимерные материалы, песок.

Землевание - засыпка загрязненных участков земель (песком, торфом) - проводится редко и только на небольших участках земли. Предпочтение отводится сгребанию загрязненного слоя почвы, осуществляемое бульдозерами, экскаваторами, автомашинами или тракторами, оборудованными танками для сбора нефти. Загрязненная почва вывозится на утилизацию или в места захоронения отходов, хотя захоронения замазученных нефтью почв сами становятся источниками вторичного загрязнения.

Замена загрязненной почвы проводится при разливах нефти на ограниченных участках и при проникновении нефти на глубину менее 10 см. Оголенные участки земли должны заполняться плодородной почвой.

После удаления нефти, нефтяной пленки с почвы очищенную территорию покрывают известью, металлургическим песком, керамзитом и др. Указанные собирающие вещества, насыщенные остатками нефти и другими загрязнителями, удаляются с поверхности почвы и используются в качестве топлива или вывозятся на утилизацию.

Выжигание почвы производят в крайних случаях, т.к. оно сопровождается образованием стойких канцерогенных веществ, которые разносятся по большой территории и, попадая в пищевые цепи растительных и животных сообществ, в конечном счете приводят к резкому возрастанию онкологических заболеваний местного населения. Кроме того, это ведет к наложению штрафных санкций со стороны контролирующих органов.

Указанные выше методы сбора нефти не могут рассматриваться как полноценные, т.к. они не способствуют восстановлению почв и растительности, а скорее сами наносят дополнительный ущерб природе. Более совершенными способами очистки почв от нефтепродуктов являются различные микробиологические методы.

Биологическая рекультивация проводится после завершения технической рекультивации и состоит в искусственном создании растительного покрова различного вида, назначения и продуктивности. Биологическая рекультивация резко сокращает (в 3-4 раза) время восстановления земель.

Биологическая рекультивация включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий (подготовка почвы, внесение удобрений, подбор трав и травосмесей, посев, уход за

Агротехнические мероприятия включают в себя:  
рыхление, вспашку, дискование:

- известкование или гипсование;
- внесение сорбентов, минеральных и органических удобрений (торфа, мхов).

Рыхление снижает дефицит кислорода и разрушает гидрофобную пленку поверхностных нефтяных компонентов, улучшает аэрацию почвы. Известкование или гипсование применяется для нейтрализации почвенной кислотности или щелочности. При нефтяном загрязнении снижается количество поглощенного кальция и магния, а внесение извести улучшает агрохимические свойства почв и ускоряет разложение метанонафтоновых структур. На почвах, имеющих показатель рН солевой вытяжки меньше 5,4, проводится известкование, а при содержании обменного натрия в составе поглощающего компонента почвы более 10% требуется гипсование. Нормы извести и гипса следует рассчитывать по рекомендациям агрохимических служб.

Для увеличения активности природной микрофлоры в почву вносят минеральные и органические удобрения. Например, торф является наиболее доступным субстратом, запасы которого достаточно велики, а затраты на добычу сравнительно низкие. Используют торф из болот низинного типа, хорошо разложившийся, черного цвета, богатый органическими и минеральными веществами, имеющий почти нейтральную среду (рН = 6,5-7,0). В торф целесообразно добавлять азот и фосфор в виде удобрений.

Применяются также жидкие рекультиванты (молочная сыворотка, дрожжевая бражка), которые вносят через месяц после механической обработки территории. Полив почвы молочной сывороткой производится из расчета 5 л/м<sup>2</sup>. Затем вносится навоз с помощью разбрасывателя. Норма внесения - 3-5 кг/м<sup>2</sup>. После этого производится запахивание навоза отвальными плугами, рыхление культиватором или боронование. Обработанная почва подвергается выдержке - 3 зимних и 2 летних сезона - для придания первоначального состояния.

Для получения биопрепаратов используют также специальные бактерии, дрожжи, грибы. Получают биомассу жизнеспособных клеток углеводородокисляющих микроорганизмов с особыми физико-биохимическими свойствами. Микроорганизмы утилизируют нефть, создают благоприятные условия для образования органических соединений гумусоподобного характера, влияющих на почвенное плодородие. Например, препарат «Альбит» вносят в почву совместно с высевом трав или после посева в

концентрации 1,5-3,5 л на гектар (рабочий раствор 100-300 л/га). «Альбит» за один вегетационный сезон снижает загрязнение почвы до 10 раз.

Нетоксичный биоагент «Файрзайм» включает в себя сброженные ферменты и питательные вещества. Микроорганизмы быстро размножаются и разлагают (съедают) нефтяное пятно и другие загрязнители с образованием углекислого газа и воды. Обработка почв производится водным раствором методом дождевания (опрыскивания) поверхности грунта. Количество концентрата зависит от глубины пропитки нефтепродуктами почвы. Например, для уничтожения пропитки толщиной 5 см требуется 50 г на 1 м<sup>2</sup>, 200 см - 200 г.

Для зачистки загрязненной площадки применяют биопрепарат «Микромицет» фирмы «Биолант». Органические и неорганические компоненты нефти служат питательной средой для размножения микроорганизмов, которые в результате своей жизнедеятельности вызывают разложение нефти. Уже через месяц после обработки препаратом отмечается спороношение грибов, т.е. происходит активная работа микроорганизмов. Достоинство метода - отсутствие побочных эффектов от воздействия на окружающую природную среду.

Препарат «Путидойл» состоит из нефтеокисляющих бактерий, минеральных солей, остатков питательной среды. Используется для рекультивации земель и очистки поверхности водоемов.

Отечественные биопрепараты серии «Биодеструктор» предназначены для ликвидации загрязнения нефтью и нефтепродуктами, конденсатом и другими органическими соединениями почвы (поверхностных и нижних слоев), извлеченных грунтов, грунтовых и сточных вод, а также технологических емкостей (поверхностей цистерн, резервуаров). Биопрепарат восстанавливает единый цикл обмена веществ путем внесения массированных количеств микроорганизмов, разлагающих токсиканты.

Применяются препараты «Аллегро», «Торнадо», «Гера», «Валентис», «Лидер», «МАГ», разлагающие сырую нефть, бензин, масла, растительные масла, животные жиры, пестициды, диоксины. Применяется реагент «Гумин-экстра» (30%-й водный раствор гуминовых веществ, выделенных экстракцией из бурого угля; он является активным компонентом гумуса).

Аэратор АЭ-1, выпускаемый Сибирской машиностроительной компанией (г. Томск), предназначен для перемешивания и аэрации (насыщения кислородом) воды с целью создания благоприятных условий для протекания биологических процессов очистки. Применяется для рекультивации и очистки водоемов при проливах

нефти, рекультивации загрязненных территорий, аэрации водоемов.

Одним из способов ликвидации тонких слоев нефти с поверхности воды и почвы является использование сорбентов. Для этого используют разнообразные растительные отходы сельского хозяйства (солома, опилки, камыш, шелуха и др.), которые весьма дешевы, доступны и распространены. Недостаток

- низкий процент сбора нефти из отработанного поглотителя.

Широко применяется внесение готовых биопрепаратов, разлагающих нефть и активизирующих почвенную микрофлору. Применяются технологии, основанные на механическом и сорбционном методах сбора. Сорбенты главным образом разрабатываются на основе природных материалов порошковых форм и различных отходов промышленного производства: сажу, угля, торфа, целлюлозы, древесной стружки, хлопка, резиновой крошки и др. Например, для ликвидации разливов нефти рекомендуется использовать многокомпонентный сорбент из отходов производства активированного угля. Он разрушает водно-нефтяную эмульсию, удаляет нефть как в объеме, так и с поверхности почвы (воды). Метод прост в применении и экономичен. Для нейтрализации нефтезагрязненного грунта используется цементная пыль (отходы цементного производства). Указанные сорбенты имеют небольшую стоимость и обладают хорошими сорбционными свойствами по отношению к углеводородам. Их недостаток - удаление отработанного сорбента с очищаемой поверхности возможно только с применением специальных технических средств, сеток, лопат, магнитных устройств.

Реагент BLACK GREEN используется для удаления разливов

- как с поверхности воды, так и земли. Абсорбент представляет собой гидрофобную ячеисто структурированную твердую пену, которая поставляется в различных видах (хлопьевидные куски, коврики, боны, подушки). Показатель его адсорбционной емкости - 75 (лучшие сорбенты имеют показатель 15- 20). При этом реагент сохраняет свою способность удерживать нефть. Это негорючее малотоксичное вещество. Недостаток - стойкость к деградации и невозможность повторного использования.

Для ликвидации загрязнений нефтью почвогрунтов и поверхностных вод, включающих водотоки, применяются бактериальные препараты «Деворойл» (Институт микробиологии РАН), «Бациспектин» (фирма «Новодекс»), «Дестройл», «Мульти- С», «Пит Сорб» (Англия) и др.

Для очистки и рекультивации загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель фирмой ЗАО «ПОЛИИНФОРМ» разработана

и запатентована комплексная биотехнология «СОЙЛЕКС®», включающая последовательное использование биопрепаратов разного целевого назначения. Технология включает механические, химические, сорбционные, микробиологические и другие методы удаления и деструкции нефтепродуктов.

За рубежом широко применяются нетканые изделия (фирмы США, Германии, Японии, Англии). Материалы представляют собой объемно-пористые капиллярные структуры из химических волокон с регулируемыми в широком диапазоне свойствами.

В отечественной практике нетканые волокнистые сорбенты выпускаются двух типов («Мульти-0», «Экосорб») по разработанной технической документации на производственных мощностях ОАО «НИИ нетканых материалов» в виде рулонов шириной 1,6 м. Выпускаются также маты, салфетки. Изделия используются после регенерации многократно (не менее 10 раз). Используемый сорбент утилизируется на месте проведения работ методом высокотемпературного разложения в специальной печи на электроприводе «Форсаж» производительностью 50 кг/час. Установка изготавливается фирмой «Экосервис-НЕФТЕГАЗ».

Разработана и успешно осваивается новая технология детоксикации токсичных веществ, в т.ч. и нефти с помощью гумино-минерального концентрата (ГМК). Концентрат, получаемый из природного сырья (продукт переработки дешевых бурых углей), обладает всеми свойствами почвенных гуминовых кислот, но имеет при этом более высокую реакционную способность. ГМК восстанавливает свойства почвенного покрова и очищает его от экотоксикантов различного происхождения.

**Заключительным этапом рекультивации земель является фитомелиорация - посев многолетних трав для создания в почве пищевого режима.**

Сущность метода заключается в снижении нефтяного загрязнения почвы при помощи нефтетолерантных растений и трав. Сами травы не способны усваивать углеводороды нефти и их разлагать, они лишь снабжают обитающие в почве микроорганизмы питательными веществами - продуктами фотосинтеза, стимулируя их деятельность.

Посев семян многолетних трав и уход за ними осуществляются по технологии, принятой для данной почвенно-климатической зоны. Высеваемые травосмеси должны создавать сомкнутый травостой и прочную дернину. При подборе видов трав следует учитывать возможность их прорастания в условиях загрязнения нефтью. Рекомендуется следующий список трав: овсяница луговая и красная, мятлик луговой, клевер белый и красный, тимopheевка

луговая, донник желтый (переносит засоленность почв, хорошо расселяется), лисохвост луговой, кострец безостный, овес, полвица белая.

В отечественной и зарубежной практике проводятся различные эксперименты по восстановлению загрязненных почв. Так, например, почвенный покров территории землепользования коллективного сельскохозяйственного предприятия (КСХП) им. Куйбышева загрязнялся многократными разливами нефти. Глубина загрязнения почвы составляла 35-90 см, причем максимальное содержание нефтепродуктов (до 17,5 г на 1 кг почвы) было отмечено на глубине 57-76 см. Растительность на загрязненном участке отсутствовала.

Были намечены агротехнические мероприятия по восстановлению плодородия загрязненных земель. Мероприятия проводились в три этапа. На первом этапе они были направлены на снижение концентрации углеводородов, и прежде всего легких фракций, а также создание благоприятных условий для развития растений в слое почвы 0-30 см. На втором этапе были проведены мероприятия по снижению концентрации углеводородов и созданию благоприятных условий для растений в слое глубже 30 см. На третьем этапе выполняли мероприятия, обеспечивающие деструкцию нефтепродуктов всего загрязненного слоя почвы, появление травяного покрова на всей площади загрязненного участка и создание условий для интенсивной жизнедеятельности микрофлоры почвы.

На загрязненном участке площадью 4 га двумя проходами (один поперек другого) агрегатом К-701 с чизельным плугом ПЧ-4,5 при расстановке рабочих органов на 90 см провели рыхление почвы на глубину 48-50 см. Спустя три и семь дней

рыхление почвы повторили. Это позволило существенно снизить содержание легких фракций нефтепродуктов в почве.

На поверхность участка было внесено около 60 т (по 180 м<sup>3</sup>) на 1 га измельченной соломы злаковых и до 250 т полуперепревшего навоза в целях активизации микрофлоры почвы и ускорения деструкции нефтепродуктов, а также активный ил сооружений Куйбышевского НПЗ из расчета 0,5 л/м<sup>2</sup> (5 м<sup>3</sup>) на 1 га. Внесение соломы злаков способствовало увеличению пористости почвы, созданию условий хорошей аэрации, обеспечивающей протекание аэробных химических процессов, деструкции углеводов. Перепревший навоз является субстратом нефтеразрушающей микрофлоры и запасом питательных веществ для сельскохозяйственных растений. Активный ил характеризуется широким спектром популяций нефтеразрушающих бактерий и большим количеством микрофлоры, сходной по составу с почвенной.

Внесенные компоненты распределили по поверхности загрязненного участка и запахали плугом в слой почвы 0-30 см. Для мелиорации слоя почвы глубже 30 см провели сдвигку пахотного горизонта, перемешанного с внесенными компонентами, за пределы пятна. На поверхность вскрывшегося дна было внесено 0,5 л на 1 м<sup>2</sup> активного ила, 200 т на 1 га полу-перепревшего навоза и 60 т опилок и мелкой стружки. Распределенные по поверхности ингредиенты запахивали на глубину до 27-30 см, перемешивая их с загрязненной почвой.

В местах загрязнения почвы на глубину более 60 см провели сдвигку загрязненного грунта с внесенными ингредиентами (слой почвы на глубине 30-60 см) в противоположную сторону от сдвигки слоя почвы глубиной 0-30 см. На открывшееся дно внесли 60 т измельченной соломы злаков, 60 т мелкой стружки с опилками, 200 т полуперепревшего навоза и 5 т активного ила на 1 га. После размещения на поверхности загрязненной почвы ингредиентов для перемешивания и равномерного размещения в слое почвы провели вспашку солонцовым плугом ПГН-3-40А на глубину 35-37 см (слой почвы на глубине 60-95 см).

В таком состоянии почва оставалась в течение 50 дней. Почву послойно вернули в исходное состояние, вначале слой почвы 30-60 см, затем 0-30 см. На следующий год на участке рекультивации провели посев многолетних трав под покров ячменя.

В период вегетации посевы ячменя с рекультивируемого участка были не хуже фоновых растений по всем учитываемым показателям: кустистости, высоте, количеству зерен в колосе, облиственности, интенсивности окраски и др. Состояние трав после

#### Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

уборки покровной культуры также не отличалось существенно от состояния фоновых растений. Обследование зеленой массы и зерна с рекультивированного участка показало, что они не содержат ядовитых, канцерогенных или опасных для здоровья людей и животных веществ или соединений и могут быть использованы в сельскохозяйственном производстве.

Химические анализы почвы показали, что по всему профилю рекультивированных земель деструкция нефтепродуктов завершена полностью. Через два года содержание нефтепродуктов достигло фонового уровня. Сельскохозяйственные растения на участке рекультивации выгодно отличались от фоновых растений за счет внесенных больших доз органики и большого мелиоративного слоя почвы.

Таким образом, для условий Поволжского региона данный способ восстановления замазученных земель является наиболее дешевым и эффективным.

Рекультивируемые земли после завершения мероприятий, предусмотренных техническим проектом, передаются землепользователям для дальнейшего вовлечения их в хозяйственный оборот. Ранее загрязненные участки земли после качественной рекультивации снимаются с учета контролирующими органами.

### 2.12. УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЕШЛАМОВ

Нефтедержащие отходы образуются на всех этапах «жизненного цикла» обращения с нефтью, начиная от разведки месторождений и кончая ее переработкой. Для нефтяной отрасли характерно образование нефтезагрязненных твердых и жидких отходов - шламов и сточных вод. Шламы образуются при бурении нефтяных и газовых скважин, при промысловой эксплуатации месторождений, переработке нефти, очистке резервуаров, трубопроводов и другого оборудования. К шламам относят тяжелые жидкости и немасляные отходы, шламы от переработки подпитывающих вод. Отходы производства и потребления размещаются как на санкционированных полигонах, так и в стихийно сложившихся массивах. Отходы складированы хаотично с неопределенностью состава и неоднородностью структуры. В обоих случаях эти объекты являются потенциально опасными для ОС.

Значительные объемы нефтеотходов хранятся в нефтешламонакопителях (НШН), которые по отраслевой принадлежности находятся на балансе нефтедобывающих предприятий, компаний трубопроводного транспорта, нефтеперерабатывающих предприятий. В разных регионах проблема сокращения количества и ликвидации НШН имеет специфический характер, поскольку

зависит от инфраструктуры топливно-энергетического комплекса, объема шламов, уровня урбанизации, природно-климатических факторов.

Мировым сообществом накоплен значительный опыт по утилизации нефтешламов и обезвреживанию нефтезагрязненных грунтов. Переработка нефтешламов является чрезвычайно важной проблемой, решение которой позволяет оздоровить экологическую обстановку, сократить платежи за хранение нефтесодержащих продуктов и вовлечь в производство дополнительное углеводородное сырье.

На предприятиях нефтедобычи и переработки нефти накоплено несколько десятков миллионов тонн нефтешламов. «Старые» нефтешламы, существующие в течение 30-50 лет, образовались за счет испарения легких фракций, окисления и осмоления нефти, перехода асфальтенов и смол в другое качество - коллоидно-мицелярных конгломератов. Обработка и утилизация таких нефтешламов представляет одну из труднейших задач. Переработка «свежих» нефтешламов, образующихся каждодневно на объектах отрасли, протекает несколько легче, но тоже затруднительна из-за разнообразия отходов. Предпочтение отдается отдельной переработке шламов.

### **2.12.1. Токсикологическая характеристика шламов**

Опасным веществом, загрязняющим среду обитания, в силу своих свойств и масштабов образования является нефтешлам. Это сложный комплекс веществ, стоящий почти из 3000 ингредиентов, в том числе токсичных. Шламы образуются при строительстве нефтяных и газовых скважин, при промысловой эксплуатации месторождений, транспортировке нефти, ее переработке, при очистке резервуаров, очистке сточных вод, содержащих нефть, во время ремонта оборудования и т.д. Загрязнение ОС происходит фактически повсеместно.

Общие экологические последствия разливов нефти, хранения нефтешламов и прочего таковы:

- изменение свойств почв и почвенного покрова;
- загрязнение поверхностных и грунтовых вод, донных отложений;
- загрязнение атмосферного воздуха;
- изменение химического состава растений и трансформация растительного покрова;
- общая деградация ландшафтов.

Из веществ, входящих в состав шламов, наибольшую опасность представляют минеральные соли (хлориды, сульфаты), нефть и нефтепродукты. В состав входят легкие фракции (основную часть составляют метановые углеводороды - алканы), циклические углеводороды, смолы и асфальтены, сернистые соединения. Смолы и асфальтены определяют физические свойства и химическую активность нефти. Строение смол и асфальтенов рассматривают в виде «сэндвичевых» структур, которые представляют собой параллельные нефте-аромати-ческие слои. В состав смол и асфальтенов входят канцерогенные полициклические ароматические структуры, содержащие серу, кислород, азот, микроэлементы. С экологических позиций микроэлементы нефти разделяют на две группы: нетоксичные (Si, Fe, Al, Ca, Mg, P и др.) и токсичные (V, Ni, Co, Pb, Si, Ad, Hд, Mo и др.), действующие на живые организмы, как яды. Содержание ванадия и никеля может достигать 40% на золу (0,04% на нефть).

Вредное экологическое влияние смолисто-асфальтеновых соединений, например, на почву заключается не столько в химической токсичности, сколько в изменении водно-физических свойств почв. Обычно смолисто-асфальтеновые компоненты сорбируются в верхнем, гумусовом горизонте. При этом уменьшаются поры в почве. Гидрофобные смолисто-асфальтеновые компоненты, обволакивая корни растений, резко ухудшают поступление к ним влаги, в результате чего растения быстро засыхают.

В соответствии с действующим законодательством (ГОСТ 12.1.007-76) промышленные отходы делятся на 5 классов опасности:

- 1 класс - чрезвычайно опасные (ртутьсодержащие лампы, ртутные термометры отработанные);
- 2 класс - высокоопасные (щелочные аккумуляторы отработанные, кислота и шлам сернокислого электролита);
- 3 класс - умеренно опасные (масло моторное отработанное, масла дизельные, промышленные, трансмиссионные, компрессорные, пыль цементная);
- 4 класс - малоопасные (пыль бетонная, остатки сварочных электродов, металла, твердые бытовые отходы, отходы строительных лесопиломатериалов, автошины, смет цехов);
- 5 класс - неопасные.

Отнесение конкретного вида отхода к тому или иному классу токсичности определяется преобладающим содержанием ответствующего химического элемента или вещества.

Для нефтяной отрасли характерно образование большого

количества гетерофазных отходов - замазученных грунтов и шламов.

В табл. 2.16 приведен перечень отходов, образующихся на предприятиях отрасли.

Таблица 2.16

**Отходы нефтегазового производства**

Класс опасности	Отходы
1	Приборы, содержащие ртуть; люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак
2	Аккумуляторы свинцовые, отработанные неповреждённые с неслитым электролитом
3	Обтирочный материал, загрязнённый маслами (содержание масел 15% и более), нефтью; грунт (песок), загрязнённый нефтью от порывов устьев и трубопроводов; шлам очистки трубопроводов, ёмкостей (цистерн, баков, бочек, контейнеров, гидронаторов) от нефти; ил нефтяных амбаров; верхняя плёнка из нефтеуловителей; буровой раствор; ГСМ; краска и тара из-под лакокрасочных материалов; смет с территорий нефтегазовых объектов, полиэтилен (в виде плёнки)
4	Выбуренная порода; строительный мусор; сальниковая набивка асбесто-графитовая, промасленная; отходы битума; отходы теплоизоляции; отходы оргтехники; отходы рабочей спецодежды; изношенная спецодежда; отходы из выгребных ям и хозяйственно-бытовые стоки; мусор от бытовых помещений несортированный; подварные воды; осадок буровых сточных вод; шлак сварочный
5	Лом чёрных металлов несортированный; пищевые отходы кухонь и пунктов общественного питания несортированные; бой шамотного кирпича, бетонных и железобетонных изделий; отходы огнеупорного мергеля

Класс опасности нефтешламов определяется расчетным или экспериментальным путем; он варьируется в основном от третьего до четвертого. Основное внимание на класс опасности оказывают нефтепродукты, что связано с их токсичным воздействием.

Нефть, нефтепродукты, нефтешламы по составу чрезвычайно разнообразны; длительность всего процесса трансформации их в разных почвенно-климатических зонах различна: от нескольких месяцев до нескольких десятков лет. При выборе способа очистки, утилизации и нейтрализации вредных компонентов, содержащихся в шламе, необходимо учитывать эти обстоятельства.

**2.12.2. Методы утилизации**

Нефтешламы представляют собой устойчивые нефтяные эмульсии. Основную часть углеводородов нефтешлама составляют тяжелые ароматические и парафинонафтенновые углеводороды (31-83%), смолы (4-10%) и асфальтены (4- 14%). Широкий спектр физико-химических свойств нефтешламов, различные условия

Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ  
образования и хранения обуславливают применение разных технологий по их переработке и утилизации.

Все методы переработки шламов можно разделить на не-деструктивные и деструктивные. Недеструктивные методы:

- контролируемая открытая выгрузка (погрузка);
- захоронение, требующее тщательного обезвреживания;
- применение маслянистых шламов в сельском хозяйстве на заброшенных землях, после чего время от времени необходимы затраты на аэробную обработку;
- внесение шлама в качестве органического удобрения, допускаемого при выращивании некоторых культур, что обуславливает, как и в некоторых упомянутых выше способах, ограничение концентрации тяжелых металлов и даже полиароматических углеводородов.

Деструктивные методы:

- сжигание на месте или вместе с бытовыми отходами, что требует обезвреживания;
- включение в цемент при его производстве влажным путем;
- аэробная обработка, применяемая только в отношении излишков биологического ила в больших количествах.

Применяются следующие методы обезвреживания и переработки нефтяных шламов:

1. *Термические* - сжигание нефтешламов в печах различных типов; сушка, получение битуминозных остатков; утилизация выделяющегося тепла и газов.

2. *Физические* (механическая очистка) - обезвреживание, разделение в центробежном поле, вакуумное фильтрование и под давлением, замораживание; возврат нефтепродуктов в производство, сточных вод в оборотную циркуляцию; захоронение твердых остатков в специальных могильниках.

3. *Химические* - экстрагирование с помощью растворителей; отверждение нефтешламов с применением различных органических (эпоксидные и полистирольные смолы, полиуретаны, негашеная известь) и неорганических (цемент, жидкое стекло, глина) добавок; применение коагулянтов и флокулянтов; использование полученных остатков в других отраслях народного хозяйства; захоронение на специальных полигонах.

4. *Физико-химические* - применение специально подобранных химических реагентов (растворители, деэмульгаторы, ПАВ и др.), изменяющих физико-химические свойства отходов с последующей обработкой на специальном оборудовании.

5. *Биологические* - микробиологическое разложение с применением углеродоокисляющих бактерий непосредственно в местах хранения; биотермическое разложение.

Наиболее эффективным, хотя и не всегда экономически рентабельным, считается термический метод обезвреживания шлама. Обработка шлама при больших температурах (до 500 °С) позволяет полностью освободиться от CO<sub>2</sub> и органических соединений до образования твердых отходов.

Наибольшее распространение получили следующие методы сжигания нефтешламов: во вращающихся барабанных печах, в печах с кипящим слоем теплоносителя, в объеме топки с использованием распылительных форсунок, в топке с барботажными горелками. Полученный прокаленный остаток представляет собой по химическому составу цементоподобное вещество.

Метод термической обработки с целью обезвреживания шлама находит все более широкое применение за рубежом. В 1995 г. около 85% твердых токсичных отходов на химических заводах фирмы UNION CARBIDE (США) были утилизированы, сожжены или обработаны для уменьшения их объема и токсичности. В Швейцарии, Дании и Японии сжигание отходов является доминирующей технологией (70%).

Технологический процесс фирмы Faster Wheeler Energy Corporated предусматривает обработку шлама в испарителе до полного удаления влаги. При испарении воды взвешенные твердые частицы остаются в нефти. Затем производится сепарация до полного отделения твердого сухого и свободного от нефти продукта. Обработанный таким образом шлам может быть использован в качестве топлива, удобрения, грунта. Подобную технологию использует фирма BP EXPLORATION, где в качестве термического блока использован реактор оригинальной конструкции TORBED (рис. 2.46).

Фирмой West Group Int. разработана двухкамерная печь для прокаливания шлама с целью выжигания углеводородов. Технологический процесс экономичен, а установка используется как на сухопутных, так и на морских установках.

Наряду с большими преимуществами метод сжигания нефтешламов имеет ряд недостатков, основными из которых являются сложность утилизации тепловой энергии, громоздкость оборудования, загрязнение атмосферы. Например, нефтешламы НПЗ характеризуются достаточно высоким содержанием

анием

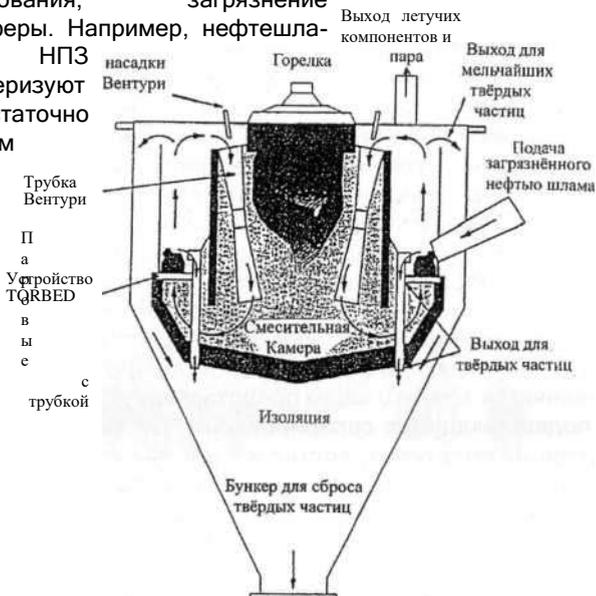


Рис. 2.46. Схематический разрез испарительного реактора TORBED

нефтепродуктов и устойчивостью эмульсии. Для этих условий из-за высокого процентного содержания воды и токсичности углеводородной части нефтешлама метод нецелесообразен.

Использование термических методов для обезвреживания шламов может быть осложнено следующими факторами:

- высокая обводненность нефтяного шлама, находящегося в шламонакопителях;

- высокое содержание в шламах механических примесей (до 65%), состоящих в основном из песчаных и илистых частиц;

- сложность извлечения шламов из шламонакопителей и транспортировки к шламосжигающей установке;

- сложность осуществления качественного распыла шлама в топке шламосжигающей установки, обусловленная непостоянством его механико-физико-химического состава и высокой вязкостью.

В основе механических процессов очистки нефтешламов лежат перемешивание и физическое разделение. В связи с возрастающей проблемой охраны ОС и дефицитом энергоемкого сырья наиболее перспективным направлением переработки и утилизации амбарных нефтешламов является извлечение из них нефти, воды и твердых остатков с последующим использованием нефти по прямому назначению, воды в системе ППД, а твердых остатков - в химической или дорожно-строительной промышленности в качестве сырья.

При разделении нефтешламов используются центрифугирование, экстракция, гравитационное уплотнение, вакуумфильтрация, фильтрпрессование, замораживание и др.

В настоящее время наметилась четкая тенденция к отдельной переработке и утилизации эмульсионных и донных нефтешламов. Например, нефтешламы и твердые отходы НПЗ проходят соответствующую обработку, а затем утилизируются. Эмульсионные нефтешламы предварительно демульгируются на различных аппаратах. Сложность обработки нефтешламов объясняется тем, что шлам представляет собой эмульсию, трудно поддающуюся сепарированию. Он является весьма неоднородным продуктом, состав и свойства которого варьируются в зависимости от места и способа его образования. Кроме того, шлам является высококоррозионным продуктом, требующим предварительной фильтрации и применения аппаратов из высококачественных сортов металла; необходимо применять оборудование во взрывозащищенном исполнении.

Широкое распространение за рубежом по разделению нефтешлама получили фильтры, гидроциклоны, центрифуги и сепараторы. Ведущими фирмами по переработке нефтешламов этими методами являются ALFA-LAVAL (Швеция), KND HUMBOLDT (Германия), WESTFALIA SEPARATOR (Германия), FLOTTWEG (Германия), ANDRITZ (Австрия), TEKNOFANGHI (Италия). Так, например, установка по переработке нефтешламов по технологии австрийской фирмы Andritz AG позволяет перерабатывать не только вновь образующиеся шламы, но и накопленные в прежние годы. Очищенные жидкие компоненты поступают для повторного использования. На рис. 2.47 изображено устройство для обработки шламов.

Процесс переработки нефтешламов затрудняется, если в составе донных отложений преобладают плотные и нелетучие асфальтены. При обычной технологии очистки с помощью механических средств углеводороды извлекаются не полностью, остаются значительные количества эмульгированной нефти, содержащей воду и твердые частицы. Как показали исследования, разделение шламов сепарацией на центрифугах для некоторых видов шламов неэффективно.

Экстракционные (химические) методы, используемые для извлечения нефтяного компонента, основаны на селективной растворимости нефтепродуктов в органических растворителях. В качестве растворителей используются фреоны, гексан,  $CCl_4$  спирты, водные растворы ПАВ и др. В качестве избира-

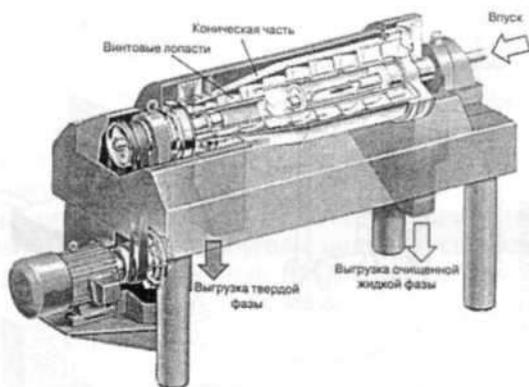


Рис. 2.47. Устройство декантера для обработки шламов WESTFALIA SEPARATOR

тельных растворителей ароматических углеводородов применяются диэтиленгликоль, три- и тетраэтиленгликоль, сульфолан, смеси N-формилморфолин, диметилсульфоксид, N, N-диметилформамид. Используется и традиционный метод сульфирования.

Наиболее часто на промыслах за рубежом используют методы обезвреживания шлама и извлечения органических веществ. Firmой Varoid разработаны специальные установки, позволяющие очищать буровой шлам, загрязненный промывочной жидкостью на нефтяной основе, путем трехступенчатой промывки шлама различными растворителями в полностью закрытой системе Unitired Solids Control. На рис. 2.48 приведена схема установки, разработанной фирмой BP Exploration и используемой в Норвегии для очистки буровых шламов. Технология позволяет уменьшить остаточное содержание нефти до 1%.

Компания Mobil Oil широко использует метод химической очистки резервуаров от донных остатков. В резервуар закачивается некоторое количество химического раствора на водной основе вместе с каким-либо растворителем или легкой нефтью, в котором растворяются входящие в состав донных отложений углеводороды. Вода подогревается, чтобы растворить поверхностный слой донного осадка, что позволяет химреагенту проникать глубже. Разрушающий эмульсию компонент обеспечивает разделение слоев нефти и воды. Тяжелые углеводороды из донных отложений растворяются в легком растворителе. Продолжительность химической очистки резер-

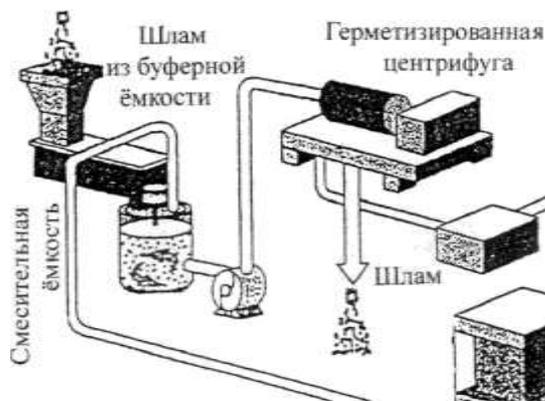


Рис. 2.48. Установка для очистки шлама с использованием растворителя фирмы BP Exploration

вуаров от донных отложений по предлагаемой технологии составляет 3-4 недели. Уменьшение затрат на проведение химической очистки по сравнению с очисткой механическими методами достигается в результате отказа от мешалок и других устройств. Степень извлечения углеводов при химической очистке достигает 99%.

Применяется также химический метод - капсулирование и нейтрализация нефтяных отходов реагентами на основе оксидов щелочно-земельных металлов. Сущность капсулирования заключается в механо-химическом преобразовании нефтесодержащих отходов в порошкообразный нейтральный для внешней среды материал. Существуют следующие способы применения данной технологии:

- утилизация больших объемов нефтесодержащих отходов на объектах добычи нефти в специализированных установках;
- утилизация небольших объемов нефтесодержащих отходов, которая экономически целесообразна на месте их образования, с помощью перемешивающих устройств;
- утилизация пастообразных закоксованных нефтепродуктов на месте «старых» порывов промысловых нефтепроводов в земляных амбарах.

Более прогрессивным способом является физико-химический метод утилизации - центрифугирование, коагуляция, сорбция и флотация. Центрифугированием можно достичь эффекта извлечения нефтепродуктов на 85%, мехпримесей - на 95%. При реагентной обработке нефтешламов изменяются их свойства: повышается водоотдача, облегчается отделение нефтепродуктов. При очистке применяются:

- коагуляция - введение в сточные воды коагулянтов (солей аммония, железа, меди, шламовых отходов и пр.) для образования хлопьевидных осадков, которые затем легко удаляются известными способами;
- сорбция - способность некоторых веществ (бентонитовые глины, активированный уголь, цеолиты, силикагель, торф и др.) поглощать загрязнения. Методом сорбции можно извлечь из сточных вод ценные вещества с последующей их утилизацией;
- флотация - пропускание через сточные воды воздуха. Газовые пузырьки захватывают при движении вверх ПАВ, нефть, масла, другие загрязнения и образуют на поверхности воды легко удаляемый пенообразный слой.

Различными фирмами создаются установки по утилизации нефтешламов на местах появления отходов. Так, компанией ACS

530 (США) разработана мобильная установка обработки и очистки гряземаслонефтяных отходов MTU 530. Установка смонтирована на базе автомобильной платформы, способна разделять нефтешламы на разные фазы - нефть, вода, твердые вещества - за счет центрифугирования нагретого бурового шлама. Вода пригодна для последующей биологической очистки; отделенная нефть может быть использована в технических целях, обезвоженный осадок - для производства строительных материалов. Производительность установки -  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$  по исходному нефтешламу (при концентрации нефти до 65%). Компанией KHD Humboldt Wedag AG (Германия) предложена технология разделения нефтешламов на фазы с последующим сжиганием шлама. Установка снабжена устройством для забора нефтешлама, виброситом для отделения основной массы твердых частиц, трехфазной центрифугой, сепаратором для доочистки фугата с центрифуги, печью. Производительность установки - до  $15 \text{ м}^3/\text{ч}$  по исходному нефтешламу.

Установка фирмы «Татойлгаз» изготовлена по технологии фирмы «Майкен» (Германия). Технология заключается в нагреве нефтешлама, обработке деэмульгаторами, разрушении эмульсии в деканторе с предварительным отделением воды и механических примесей. Доведение до требуемого качества товарной нефти осуществляется на второй стадии - в испарителе и трехфазном сепараторе.

Известна установка по переработке нефтешламов СЕПС МК-IV «VITOL» (разработчик - Англия, изготовитель - Швейцария).

Предлагается способ очистки воды от нефтепродуктов с помощью магнитной жидкости (МЖ). МЖ распыляется на нефтяную пленку, после чего «омагниченные» нефтепродукты собираются электромагнитным устройством. Способ эффективен для железосодержащих отходов. МЖ на основе керосина с олеиновой кислотой в качестве ПАВ взаимодействует с пленкой нефти, и вода вместе с МЖ, проходя между полюсами электромагнита, очищается и подается в сборник, а осадок поступает в другой сборник.

Вышеперечисленные методы имеют недостатки и преимущества. В большинстве случаев они низкотехнологичны, дороги и экологически неприемлемы. В настоящее время для деструкции нефтепродуктов все более широко применяется биологический метод, основанный на использовании различных биопрепаратов. Преимуществом его является экологическая безопасность. Этот метод не требует энергетических затрат, оборудования, техноло-

гических установок и применяется непосредственно в местах хранения нефтешламов, поэтому он является более перспективным.

Биотехнологический метод целесообразно применять после завершения физико-химического этапа деградации нефти. Этот метод основан на способности аборигенных микроорганизмов, бактерий и грибов превращать нефть в простые соединения, накапливать органическое вещество и включать его в круговорот углерода. Из микроорганизмов наибольшее значение в биодegradации нефти имеют углеводородокисляющие бактерии. Обычно их количество невелико (около 2-х микроорганизмов на 100 мл среды), но при заражении нефтью их количество возрастает до 10<sup>8</sup>-10<sup>9</sup> на 1 мл. С повышением температуры процесс интенсифицируется.

Известен микробиологический метод очистки нефтезагрязненных почв (институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск), основанный на активизации жизнедеятельности микроорганизмов-нефтедеструкторов (МНД), бактерий и грибов из мерзлотных почв, использующих в качестве основного питания углеводы нефти.

На рис. 2.49 изображена лесистая территория, загрязненная нефтью.



Рис. 2.49. Нефтезагрязненная территория после аварии

На рисунке хорошо прослеживаются следы нефти на стволах деревьев после понижения уровня нефти. При оперативном внесении минерального биосорбента МНД за летний сезон достигается 100%-я деструкция почвы, исходно содержащей 15-85% нефти, тогда как в естественных условиях для этого

требуется несколько лет.

Преимуществами биоочистки является экологическая безопасность, возможность деградации загрязняющих веществ до безвредных промежуточных продуктов при полностью сохраняющейся структуре почвы, отсутствие необходимости вывоза продуктов переработки, захоронения или сжигания, т.к. они совместимы с почвой.

### 2.12.3. Утилизация буровых отходов

В процессе бурения скважин накапливаются и хранятся в земляных амбарах большие объемы отходов: БШ, ОБР, БСВ, тампонажные растворы, пластовые воды, продукты испытания скважин, материалы для приготовления и химической обработки растворов, ГСМ, хозяйственно-бытовые и ливневые сточные воды. Процентное соотношение между компонентами может быть самым разнообразным в зависимости от геологических условий, технологических процессов, технического состояния оборудования, культуры производства и т.д. Разнообразие загрязнителей зависит от состава реагентов, используемых в процессе бурения скважин, и они известны. Фазовый состав, например, ОБР - вода 75-90%, твердая фаза 10-25%, нефть и нефтепродукты 7-14%.

Для сбора отходов бурения с одной кустовой площадки при бурении не более 8 скважин строится один земляной амбар, при количестве скважин в кусте более 10 строится несколько амбаров.

Отходы бурения содержат широкий спектр загрязнителей минеральной и органической природы. На 1 м<sup>3</sup> отходов приходится 68 кг загрязняющей органики, не считая нефти и нефтепродуктов и минеральных загрязнителей. По данным ОАО «Когалымнефтегаз», при бурении скважины глубиной 2600 м в амбаре содержится около 65% воды, 30% шлама (выбуренной породы), 5,5% нефти, 0,5% бентонита и 0,5% различных присадок. Содержание нефтепродуктов в шламе колеблется в пределах от 2000 до 13870 мг/кг. Нефтяная часть шлама представлена в основном парафино-нафтеновыми углеводородами - 41,8%, из них 20% - твердые парафины. Асфальтены составляют 5,6%, смолы - 19,2%, полициклические ароматические углеводороды - 20,1%. Нефтяная часть отходов распределяется в амбаре следующим образом: 7-10% нефтеуглеводородов сорбируется на шламе, 5-10% находится в эмульгированном и растворенном состоянии, остальные углеводороды находятся на поверхности амбара в виде пленки. Неорганическую часть отходов составляют в основном

окислы кремния и железа (песок, продукты коррозии), небольшие количества (менее 1%) соединений алюминия, натрия, цинка и других металлов.

Утилизация отходов бурения проводится по двум направлениям: сначала использование очищенных продуктов в бурении, а затем в других отраслях производства. Наиболее доступным способом, например, является утилизация ОБР по малоотходной и безотходной технологии с повторным использованием для бурения новых скважин. Этот подход оправдан не только с экологической, но и с экономической точки зрения, т.к. он обеспечивает значительное сокращение затрат на приготовление буровых растворов. Особенно выгоден этот способ при кустовом бурении и в районах с развитой транспортной сетью.

Принципиальная схема переработки буровых отходов представлена на рис. 2.50.

Процесс ликвидации земляного амбара с последующей утили-

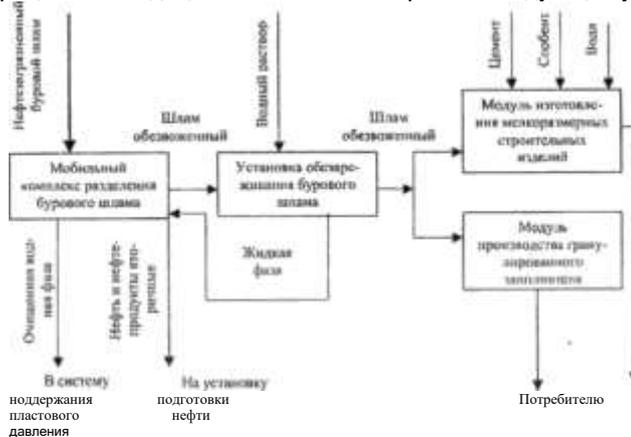


Рис. 2.50. Схема переработки отходов бурения

лизацией бурового шлама можно условно разделить на следующие стадии:

- сбор нефтяной пленки с поверхности амбара;
  - очистка жидкой фазы от эмульгированной нефти;
  - доочистка жидкой фазы (степень очистки зависит от дальнейшего использования очищенной воды);
  - обезвоживание и обезвреживание БШ;
  - утилизация БШ;
- очистка нефтезагрязненного грунта.

Таким образом, весь технологический процесс ликвидации

земляного амбара проводится в два этапа:

- 1) очистка и обезвреживание содержимого амбара;
- 2) собственно утилизация БШ.

Первый этап должен проводиться с учетом особенностей состава отходов, находящихся в амбаре. Практика показывает, что проблема ликвидации земляных амбаров еще далека от своего решения.

Очистка и обезвреживание буровых отходов представляют собой трудоемкий процесс с применением сложных и многообразных технических средств.

Обезвреживание БШ проводится путем смешения его в определенных пропорциях с сорбентом и цементом. В результате такой обработки присутствующие в шламе органические вещества связываются введенными сорбентами. Загрязненный БШ может отмываться от нефтеуглеводородов горячей водой или паром, водным раствором ПАВ на основе этоксила- тов. Эффективность отмывки горячей водой - 25%, водным раствором ПАВ концентрацией 0,5, 1,0 и 2,0% - соответственно 55, 60 и 73%. Полученная жидкость может использоваться в бурении для различных целей или на нефтепромыслах для конечного разделения нефти от воды, твердая фаза - в строительном деле. Возможно обезвреживание нефтезагрязненного БШ микробиологическим способом. Для очистки нефтешламов и буровых отходов, содержащих ПАА, КССБ, КМЦ, СЖК, ВЖС, dk-drill, сурап, на нефтедобывающих предприятиях Башкортостана нашел применение эффективный биопрепарат «Родотрин 2».

Термический метод нейтрализации БШ считается наиболее эффективным и практически доступным. В БашНИПИ- нефти сконструирована и испытана передвижная установка по термической обработке шлама. Она состоит из циклонной топki, мельницы для измельчения шлама, устройства его подачи в приемную емкость, системы водяного охлаждения, насоса и вентилятора. Размельченный шлам из приемной емкости шестеренчатым насосом подается в циклонную топку. Поддув топki осуществляется с помощью вентилятора. Насос необходим для привода в действие системы водяного охлаждения. Производительность установки 500 кг/ч, тепло- напряженность поверхности топki 17,5x10 Вт/м<sup>2</sup>, диаметр топki 440 мм. Циклонная топка обеспечивает полное выжигание углеводородов, шлам не содержит органических соединений.

Исследования, выполненные в Гипроморнефтегазе для морских условий бурения, показали, что при концентрации

обычного необожженного шлама в морской воде выше 0,5 г/л среда обитания для организмов моря становится опасной. При прокаливании же шлама при температуре 300 °С токсичность шлама снижается в 10 раз, а при 500 °С шлам обезвреживается полностью. Тестом, проведенным на молоди лосося, весьма чувствительной к токсичным воздействиям, установлена безвредность среды обитания при концентрации обожженного шлама в морской воде до 1000 г/л. При этом выживаемость лосося, интенсивность питания, физиологические и биохимические показатели крови практически не отличались от показателей контрольных экземпляров. Анализ воды Каспийского моря также указывает на незначительные изменения ее гидрохимического состава под влиянием прокаленного шлама. Термическая обработка шлама осуществлялась в электропечи барабанного типа СБОУ-6 производительностью 140 кг/ч.

Промывочная жидкость (буровой раствор), а также БСВ в процессе бурения скапливаются в земляном амбаре, где они и отстаиваются. В это время происходит разрушение (отделение) нефтяной эмульсии. Отстоявшаяся жидкость с небольшим содержанием нефтепродуктов прокачивается через установку (типа НЗУ-100). Сбор нефтяной пленки с поверхности амбара можно проводить различными установками (типа УСН-2, УСН-300, СМ-5 и др.). Собранные нефтепродукты отправляются в систему сбора и подготовки нефти на промысле, а оставшаяся жидкая фаза используется в бурении.

В качестве примера очистки бурового раствора в процессе его циркуляции можно рассмотреть устройство для регенерации компонентов бурового раствора (пат. РФ № 899840), изображенное на рис. 2.51.

Устройство работает следующим образом. Выходящая из скважин промывочная жидкость попадает на сито 1, очищается от частиц размером более 0,1-1,5 мм и попадает в гидроциклонный пескоотделитель 2, где из него удаляются частицы размером более 0,04 мм. Очищенная жидкость дозировочным насосом 3 через трубопровод высокого давления 4 подается на форсунку 5 и распыляется внутри сушилки 6 в направлении от конусного днаща вверх. При этом твердые частицы совершают путь вверх; не долетая до крышки, падают вниз и выгружаются через отверстие 8 в накопительную емкость 16. Газовые горелки 9 или подвод теплоносителя через приспособление 10 обеспечивают процесс сушки, в результате которой происходит парообразование и доведение температуры влажных отходящих газов и твердых

остатков до 120 °С. Испарению жидкости способствует также разрежение, создаваемое в трубопроводе 11 вентилятором 12. Вентилятор нагнетает влажные отходящие газы в ороситель 13, где при взаимодействии с водой и буровым шламом из них конденсируется влага, участвующая в растворении адсорбированных химических реагентов. Избыток конденсата с растворенными компонентами по трубопроводу 14 самотеком поступает в дозировочный насос. Про-

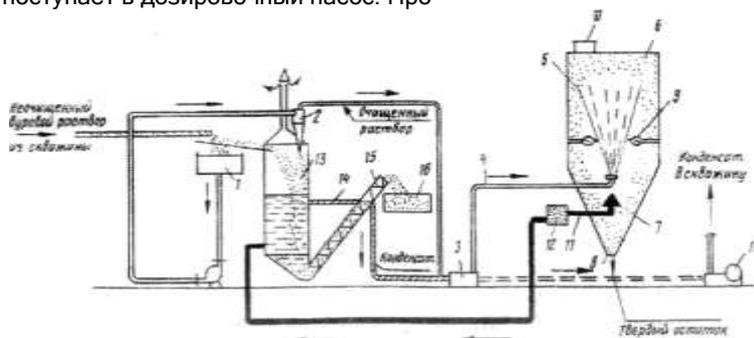


Рис. 2.51. Устройство для регенерации бурового раствора:

- 1 - сито с емкостью; 2 - гидроциклонный пескоотделитель; 3 - дозировочный насос; 4 - трубопровод высокого давления; 5 - распылительная форсунка; 6 - распылительная сушилка; 7 - коническое днище; 8 - отверстия для выгрузки твердых остатков; 9 - встроенные газовые горелки; 10 - приспособление для подвода теплоносителя; 11, 14 - трубопровод; 12 - вентилятор; 13 - ороситель; 15 - винтовой транспортер; 16 - накопительная емкость; 17 - буровой насос

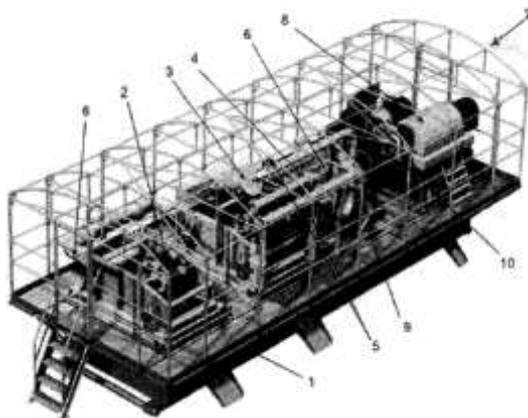


Рис. 2.52. Блок очистки бурового раствора:

- 1 - емкость; 2 - вибросито СВ 1ЛМ; 3 - пескоотделитель гидроциклонный;
- 4 - илоотделитель ИГ-45М; 5 - насосный агрегат ВШН-150;
- 6 - трубопроводная обвязка с запорно-распределительной и регулировочной арматурой; 7 - укрытие; 8 - блок центрифуги; 9 - насос 1ВПН;
- 10 - перемешиватель лопастной

цесс отмыва продолжается в винтовом транспортере 15 до выгрузки шлама из оросителя в накопительную емкость 16.

Как правило, очистка бурового раствора производится в несколько ступеней, в завершение цикла очистки раствор пропускается через фильтр центробежной очистки (центрифугу), что позволяет отделить от раствора мельчайшие примеси. В последнее время для многоступенчатой очистки раствора на буровой стали использоваться компактные блоки. На рис. 2.52 изображен общий вид четырехступенчатого блока очистки бурового раствора (ОАО «Ходыженский машиностроительный завод»). Блок применяется для производства буровых работ по малоотходной или безамбарной технологии в составе циркуляционных систем БУ.

НПО «Бурение» (г. Краснодар) специализируется на выпуске блоков очистки буровых растворов (модель 1БО), блоков коагуляции и флокуляции (модель БКФ), комплекта оборудования для обезвреживания отходов бурения, дегазаторов бурового раствора, блока химической очистки БСВ. Блоки применяются в составе БУ любых классов, оснащены соответствующим оборудованием и укрываются тентовым или сэндвич-панельным

укрытием.

Повсеместно внедряется система повторного использования БСВ для технических нужд бурения после их очистки самым простым и дешевым способом - путем отстаивания в земляных амбарах. При этом оседают нерастворимые механические примеси различной степени дисперсности (песок, глинистые частицы, продукты коррозии и др.). Дальнейшее применение оборудования по очистке БСВ доводит жидкость до состояния, при котором ее можно применять для приготовления буровых и тампонажных растворов, обмывки бурового оборудования и рабочих площадок, опрессовки колонны труб и оборудования. По окончании строительства скважин очищенные БСВ могут использоваться в системе ППД, для ирригации земель, безопасного сброса в объекты природной среды.

Очистка амбаров с большим содержанием эмульгированных (более 0,5 г/л) и отсутствием пленочных нефтеуглеводородов осуществляется следующим способом. Жидкая фаза амбарных отходов пропускается через установку типа УСФ- 0,5 производительностью 200-500 л/ч со степенью очистки 98- 99%. Технология основана на использовании процессов седиментации и флотации из водных растворов органических реагентов. В качестве дезэмульгатора и флокулянта используются реагенты ПТ-506 и ФСТ-407. При обработке эмульсии не требуется ее подогрев или изменение pH раствора. Водная фаза очищается в установке типа НЗУ-100.

Перспективными методами физико-химической очистки БСВ до норм, удовлетворяющих требованиям их повторного использования для нужд бурения, являются реагентная очистка и электрокоагуляция. Реагентная очистка является одним из наиболее дешевых и доступных методов очистки БСВ. Применяются следующие химические реагенты:

- коагулянты - водорастворимые соли поливалентных металлов;
- флокулянты - органические высокомолекулярные полимеры.

В практике очистки сточных вод в качестве коагулянтов используют соли алюминия, железа, меди или их смеси в разных пропорциях. Наибольшее применение получили сульфат алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ , сульфат железа  $Fe_2(SO_4)_3$ , хлорное железо  $FeCl_3$ . Неорганические коагулянты гидролизуются в воде с образованием хлопьев гидроокисей, которые сорбируют тонкодисперсные загрязнения, включая коллоидные.

Флокулянты (полиакриламид, полиэтиленмин и др.) способствуют образованию более крупных и прочных хлопьев либо интенсифицируют процесс самокоагуляции частиц, загрязняющих сточные воды.

Эффективным методом очистки БСВ является электрокоагуляция, обеспечивающая удаление из воды взвесей, коллоидов, а также веществ в ионном и молекулярном состоянии. Под действием постоянного тока происходит растворение материала металлического анода, в результате в воду переходят катионы железа или алюминия, которые затем образуют гидроксиды этих металлов, являющиеся коагулянтами. Кроме основного процесса происходит разряд и коагуляция коллоидных частиц, содержащихся в воде, а также выделение продуктов электролиза: на катоде - кислорода, на аноде - водорода. Газы в момент выделения имеют высокие восстановительные и окислительные потенциалы, что приводит к частичному разрушению некоторых загрязнителей. Кроме того, пузырьки кислорода и водорода обладают флотирующей способностью.

Перспективно применение ультрадисперсных порошкообразных сорбентов на основе оксидно-гидроксидных фаз алюминия. Адсорбент обеспечивает быструю коагуляцию нефтяной микроэмульсии в достаточно крупные фрагменты. Вода после очистки может использоваться в технических целях либо сбрасываться в водные объекты. После удаления сточных вод шлам готовят для очистки от нефтяных углеводородов.

Применение комплексной очистки буровых отходов направлено на сокращение объема используемой природной воды, предотвращение негативного воздействия на ОС, уменьшение платы за размещение отходов, получение прибыли от реализации продуктов утилизации.

#### **2.12.4. Утилизация амбарных нефтешламов**

Нефтешламовые амбары на промыслах (а также на НПЗ) имеют различную конструкцию в зависимости от конкретных условий - это стальные резервуары или земляные амбары, облицованные бутовым камнем, железобетонными плитами или просто бетоном с целью гидроизоляции. Однако чаще всего их размещают в глинистых породах без какой-либо дополнительной облицовки.

Утилизация нефтесодержащих жидкостей, извлеченных из амбаров или прудов-накопителей на промыслах, производится

очисткой жидкости от механических примесей и воды гидрорциклонами, центрифугами, сепараторами и др. производительностью до 40 м<sup>3</sup> в сутки. Очистку эмульсии можно проводить прямой перегонкой (крекингом) с получением неочищенных средних и тяжелых нефтепродуктов (дизтопливо, мазут, топочный продукт). Очищенную жидкость можно использовать также как углеводородный растворитель АСПО в системе подготовки товарной нефти.

Наибольшую трудность представляют сбор, удаление и обработка донных нефтешламов, в которых содержание механических примесей достигает 70% от объема. Трудность сбора нефтешламов заключается в больших геометрических размерах шламонакопителей, отсутствии удобных подходов (подъездов) к ним, отсутствии надежных заборных устройств.

К донным шламам могут быть применены следующие методы:

- термический - сжигание в печах различного типа и конструкций;
- физический - фильтрование по технологии фирмы Andritz AG (Австрия) на клиновидных фильтр-прессах непрерывного действия;
- химический метод DSR; диспергирование с негашеной известью по технологии фирмы Leo Konsul (Германия) или Fest Alpine (Австрия) с использованием оборудования этих фирм;
- биологический - метод разложения с помощью почвенных бактерий при нанесении и запахивании нефтесодержащих остатков в пахотный слой почвы.

Принимая во внимание, что кроме метода фильтрования донных осадков все остальные методы связаны с большими энергетическими затратами и исключают возможность выделения из них нефти (нефтепродуктов) в свободном виде, методу обработки донных шламов по технологии фирмы Andritz AG, следует уделить особое внимание. При использовании технологии и техники фирмы Andritz AG можно в виде фильтрата выделить из донных осадков нефтешламов основное количество (70% от потенциала) нефти (нефтепродуктов) и воду. В результате после фильтрпресса получается остаток (кек) с незначительным (до 20%) содержанием воды и нефтепродуктов. После подсушивания данного остатка образуется гидрофобный порошкообразный продукт серого цвета, который в дальнейшем может быть использован, например, в качестве наполнителя в дорожном

строительстве. Выделенный фильтрат при отстаивании способен расслаиваться на нефть (нефтепродукт) и воду, что позволяет возвращать его на дополнительную очистку в действующую систему подготовки нефти и воды.

Заслуживает внимания трехфазная установка FLOTTWEG для регенерации нефтяного шлама (рис. 2.53).

В установке забор нефтяного шлама осуществляется с помощью насосов, установленных на обогреваемом понтоне, который оснащен поверхностной обогревательной установкой размером около 60 м<sup>2</sup>. Погружной насос с пропускной способностью 15 м<sup>3</sup>/ч закачивает нефтяной шлам в две сборные емкости, снабженные медленно вращающимися мешалками и сменными нагревательными спиралями. В этих емкостях нефтяной шлам нагревается до 90 °С. Из емкостей нагретый нефтяной шлам с помощью эксцентриковых шнековых насосов закачивается в трехфазный декантер, в котором разделяется на следующие компоненты: твердую фазу, нефтепродукты, сточные воды. После сепараторов нефтепродукты направляются в емкость для «очищенной» нефтяной части и через многоступенчатый шнековый эксцентриковый насос возвращаются на место сбора шламов (например, на НПЗ), добавляются в сырье. Очищенная вода после декантеров собирается в отдельном баке и перекачивается на очистные сооружения. Нефтяные шламы с помощью насоса подаются на заводские установки сжигания или депонируются.

Хорошо зарекомендовал себя биологический метод для рекультивации шламонакопителей и очистки нефтезагрязнен-

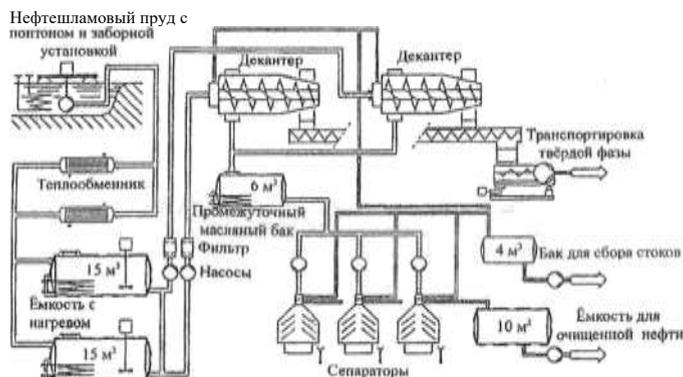


Рис. 2.53. Технология переработки нефтяного шлама фирмы FLOTTWEG

ных земель, представляемый фирмой DECONTA (Чехия). На рис. 2.54 изображена схема переработки нефтяных загрязнений.

В основу метода заложено применение биотехнологии непосредственно в грунте с использованием штаммов бактерий, обладающих большой поверхностной активностью и характерным массивным выделением ПАВ. В результате освобождаются неполярные вещества в водный экстракт. Пораженный участок промывается биопрепаратом, отработанная вода откачивается и проходит биотехнологическую обработку. К данному методу добавляется вакуумная аэрация. Преимуществом метода является возможность проведения процесса без остановки оборудования, размещенного над обрабатываемым участком.

#### **2.12.5. Отмыв шламов водой**

Переработка нефтезагрязненного грунта - трудоемкая и малоприбыльная операция, но экологический эффект от нее значителен. Утилизация может проводиться непосредственно на загрязненных почвах, в нефтяных амбарах и на специально обустроенных полигонах. На рис. 2.55 показана территория почвы, загрязненная нефтью.

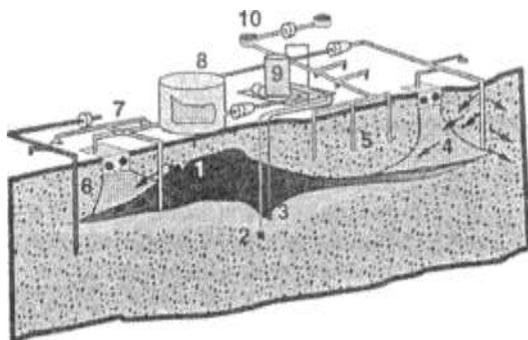


Рис. 2.54. Биотехнологическая ликвидация нефтяных загрязнений фирмы DECONTA:

- 1 - первичный очаг загрязнения; 2 - образование депрессии зеркала грунтовой воды, откачка нефтяной фракции с поверхности зеркала; 3 - ассенизационная откачка загрязнителя с зеркала поверхности грунтовой воды; 4 - подпитка породы биопрепаратом; 5 - аэрационные скважины (venting); 6 - система аэрации типа air sparging; 7 - поглощающие объекты, применение биотехнологии; 8 - биоферментатор, производство биопрепарата; 9 - биоферментатор, обработка откачиваемой загрязненной воды; 10 - фильтры системы аэрации



Рис. 2.55. Нефтяное загрязнение почвы

Способ отмыва на месте загрязнения применим тогда, когда почва пропитана тонким слоем нефти и имеет небольшой уклон, где ниже места смыва можно собрать продукты обработки почвы. На рис. 2.56 изображен момент отмыва пленочной нефти.

Известно, что при разливах нефти на поверхности почвы глубина ее проникновения (впитывания) зависит от влажности почвы. В сырой почве глубина впитывания нефти не превышает 5-10 см и практически не зависит от пористости почвы. В сухой почве глубина впитывания нефти зависит от ее пористости и может достигать величины 20-30 см и более. Поэтому способ отмывки пленочной нефти из грунта при больших разливах и большой глубине проникновения нефти в почву можно применять только после проведения сбора основной массы разлившейся нефти или нефтесодержащей жидкости механическими средствами. При отмывке используют



Рис. 2.56. Отмыв пленочной нефти



воду, моющие средства (типа водного раствора ЛАРН), сорбенты (сухая солома), порошкообразный гипс (по ГОСТ 195-77).

Процесс отмывки нефтешламов осуществляется следующим способом. Вначале для снижения глубины проникновения в почву нефти и частичного вытеснения впитавшейся нефти из почвы загрязненный участок поливают под давлением пресной водой до тех пор, пока на поверхности почвы не образуются ручейки воды, указывающие направление уклона загрязненного участка. После этого на участке почвы в направлении уклона на расстоянии 35-40 см делают параллельные борозды глубиной 15-20 см, в конце которых для стока воды перпендикулярно направлениям борозд роют траншею глубиной и шириной около 50 см, которую плотно заполняют соломой. Затем начиная с верхней точки загрязненного участка с помощью двух гидрантов (установка типа SAND WASHER) производят отмыв с поверхности почвы сгустков и пленок нефти, при этом из одного гидранта производят обработку замазученного участка почвы струей 0,1-1,0% водного раствора препарата ЛАРН с расходом около 10-20 л раствора на обработку 1 м<sup>2</sup> загрязненной почвы, а из другого гидранта обработку почвы производят более мощной струей пресной воды.

При такой обработке сгустки и пленки нефти, слипшиеся с частицами почвы, под воздействием водного раствора ЛАРН отделяются от почвы, диспергируются в растворе препарата более мощной струей пресной воды и переходят в водную фазу в виде отдельных агрегативно устойчивых капель нефти разного размера. При этом основное количество (более 50%) нефти с поверхности загрязненного участка почвы потоком воды по параллельным бороздам смывается в траншею, где капли нефти увеличиваются уплотненным слоем соломы (прилипают). Солому с прилипшей к ней нефтью после завершения процесса отмывания поверхности почвы извлекают из траншеи и утилизируют.

Как показали исследования, при таком методе очистки поверхности определенное количество нефти (менее 50%) в виде мельчайших капель, стабилизированных препаратом ЛАРН, с поверхности почвы вместе с водой и водным раствором препарата проникает в более глубокие слои почвы, где в теплое время года в течение 3-4 недель практически полностью разлагается почвенными бактериями.

Дополнительно на загрязненном участке в осенний период проводят гипсование (расслоение) обрабатываемого участка

почвы путем внесения в почву молотого или порошкообразного гипса. Гипс - природный минерал класса сульфатов - снижает содержание в почве ионов хлора. Для гипсования засоленных почв используют глиногипс или земельный гипс, представляющий собой рыхлую породу, называемую гажей, состоящую на 40-90% из гипса, остальное - глина или песок.

После отмыва шлама, грунтов, снега водой с применением ПАВ собранный раствор с углеводородами может использоваться в технологических целях: для приготовления растворов, как жидкость предотвращения АСПО, в качестве тампонажных составов, жидкостей для глушения скважин.

Способ отмывки нефтешламов водой применим для промысловых условий и разливов нефти местного характера. Переработка нефтешламов на специальных нефтяных полигонах проводится аналогично, и подобная технология предпочтительна. При этом проводится хранение, накопление, подготовка к переработке и непосредственно переработка нефтешламов и почвогрунтов.

Создание полигонов утилизации нефтешламов позволяет решить следующие задачи, улучшающие экологическую обстановку:

- усовершенствовать систему сбора нефтешламов, тем самым исключить их несанкционированное захоронение и вторичное загрязнение ОС;
- осуществить хранение нефтешламов в специализированном амбаре, что предотвращает фильтрацию загрязняющих веществ (нефти, минерализованной воды) в почву и водоносные горизонты;
- хранить нефтешламы непосредственно в месте их утилизации;
- ликвидировать нефтепромысловые амбары за счет освобождения их от нефтешламов и вернуть занимаемые ими земли в хозяйственный оборот;
- подготавливать нефтешламы (донные илы, нефтезагрязненные грунты) к биологической очистке;
- сократить время биологической очистки нефтешламов.

#### **2.12.6. Утилизация шламов нефтепереработки**

Нефтяные шламы нефтепереработки по составу чрезвычайно разнообразны и представляют собой сложные системы, состоящие из нефтепродуктов, воды и минеральной части (песок, глина, ил и т.д.), соотношение которых колеблется в очень широких пределах. Состав шламов зависит также от типа и глубины

### Экология нефтегазового производства

перерабатываемого сырья (нефти), схем переработки, оборудования, типа коагулянта и др.

Существует следующая классификация нефтешламов:

1. «Плавающие» масляные шламы после переработки жидких отходов:
  - шламы гравитационных сепараторов;
  - флотационные шламы;
  - излишки биологического ила, если они составляют большую фракцию этой категории и содержат немного масел.
2. Тяжелые маслянистые шламы, часто содержащие:
  - песок со дна емкостей и резервуаров;
  - песок со дна водосборных колодцев и сепараторов;
  - осадочные отложения обессоливающих установок.
3. Немаслянистые шламы:
  - образовавшиеся при декарбонизации под действием извести или при осветлении подпитывающей воды;
  - остатки алкилирования;
  - отработанные катализаторы;
  - обесцвечивающая глина;
  - излишки активного ила в том случае, когда его производство преобладает.

В основном нефтешламы представляют собой тяжелые нефтяные остатки, содержащие в среднем (по массе) 10-56%

Таблица 2.17

#### **Состав нефтяных шламов НПЗ**

Компонент, % масс.	Источник шлама					
	Уфимский НПЗ	Ново-Ярославский НПЗ	Рязанский НПЗ	Киршский НПЗ	Ангарский НПЗ	Ловушечная нефть
Нефтепродукты	26-51	11-41	10-12	32-56	24-40	25-60
Вода	48-72	до 75	до 85	35-58	30-50	30-80
Механические примеси	1,3-6	3-5	3-5	6-10	10-46	1,5-5

**Состав нефтяных шламов в системе очистки сточных вод**

Источник образования	Нефтепродукты	Механические примеси	Вода
Нефтеловушки	20-25	7-10	65-70
Флотаторы (пена)	5-8	3-4	88-90
Пруды дополнительного отстоя	15-20	5-8	2-80
Нефтеотделители	10-12	4-7	81-86
Градири	8-12	3-5	83-90
Разделочные резервуары	45-65	3-5	30-52
В среднем	20-25	5-7	65-75

нефтепродуктов, 30-85% воды, 1,3-46% твердых примесей. В табл. 2.17 приведен фазовый состав шламов различных НПЗ.

Накопление отходов осуществляется на специально отведенных для этого площадках или в бункерах без какой-либо сортировки или классификации.

В шламонакопителях происходят естественные процессы - накопление атмосферных осадков, развитие микроорганизмов, протекание окислительных и других процессов, т.е. идет самовосстановление; однако в связи с наличием большого количества солей и нефтепродуктов при общем недостатке кислорода процесс восстановления может протекать десятки лет.

Особенностью накопителя нефтесодержащих отходов является открытое расположение на местности. Происходит непосредственный контакт с ОС. Покрытая слоем нефтепродуктов поверхность накопителя нагревается на солнце, происходит испарение и ветром разносится образовавшееся облако. Степень опасности прямо пропорциональна площади накопителя.

Состав нефтяного шлама, хранящегося в шламонакопителях продолжительное время, отличается от состава свежего. Нефтяной шлам, образующийся в резервуарах для хранения нефти, по составу и свойствам также отличается от нефтяного шлама очистных сооружений. В табл. 2.18 приведен состав нефтяных шламов, образовавшихся на различных стадиях очистки сточных вод.

При хранении нефтяного шлама в шламонакопителях и пополнении их новыми порциями шлама происходит его естественное перемешивание и отстой. При поступлении очередного количества шлама в результате перемешивания нарушается условное равновесие системы, которое постепенно восстанавливается, но степень обводнения осадка возрастает и вследствие этого увеличивается его объем. В то же время в результате продолжительного хранения и протекающих при этом физико-химических процессов, характер-

ных для коллоидных систем, происходит концентрирование осадка.

Накопление ловушечных нефтей происходит в закрытых резервуарах-накопителях, где нет непосредственного контакта с воздухом, отсутствует влияние атмосферных осадков, сроки хранения ограничиваются месяцами и лишь в исключительных случаях несколькими годами, т.е. они не подвержены столь длительному и жесткому «старению», как амбарные эмульсии. В связи с этим, обладая многими характерными общими признаками (повышенное содержание механических примесей органического и неорганического происхождения, парафинов с высокой температурой плавления, высокой вязкостью и плотностью), ловушечные эмульсии в основном менее устойчивы, чем амбарные.

Нефтешламы в амбарах, накопителях и ловушечные нефти в резервуарах независимо от источников формирования с течением времени отстаиваются и разделяются на три слоя: верхний слой - малообводненная нефть с невысоким содержанием механических примесей: от 0,5% (для ловушечных нефтей) до 1,5% (для амбарных нефтей); плотность этого слоя меньше плотности воды;

- средний слой - мелкодисперсная эмульсия сложного типа с массовым содержанием воды до 70-80% и мехпримесей 1,5-15%. По объему слой небольшой, вода и мехпримеси в нем могут возрасти монотонно сверху вниз, могут размещаться хаотически, а могут распределяться однородно;

- нижний, придонный слой - донный шлам, состоящий из 70% твердой фазы, пропитанной нефтепродуктами (до 5-10%) и водой (до 25%); содержание нефтепродуктов относительно постоянно, количество примесей растет с глубиной.

Во всех вариантах жидкая фаза представляет собой водо-нефтяную эмульсию.

Переработка образующихся нефтешламов на каждом НПЗ организуется в соответствии с физико-химическими свойствами поставляемой нефти, глубиной ее переработки и пр. Например, установки пенно-флотационной сепарации (флотаторы напорные) применяются на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности для удаления загрязнений (нефти, взвешенных веществ и т.п.) из сточных вод в системах очистки («ТЕХНОСФЕРА УПФ.Р», г. Курск). Установки имеют рециркуляционную схему очистки, позволяющую за счет многократного рецикла повысить степень очистки сточных вод. Производительность установки - 1-100 м<sup>3</sup>/ч.



Можно предложить комплексную технологию извлечения, переработки и утилизации нефтешламов, которая практически является универсальной для подавляющего большинства нефтесодержащих шламов:

- извлечение верхнего (нефтяного), среднего (водного) и нижнего (осадочного, грунтового) слоев из шламовых амбаров;
- разделение извлеченных слоев на три фазы: нефтяную, водную и твердую;
- обработка всех трех фаз до кондиций, требуемых потребителем (в случае реализации) или нормами ПДК по содержанию вредных веществ (в случае сброса в водоемы, почвы или захоронения).

В состав комплекса включаются следующие виды стандартного и нестандартного оборудования:

- заборное устройство (типа скиммера), дооборудованное системой подогрева и дезинтеграции вязких и затвердевших нефтепродуктов;

- заборное устройство для извлечения твердого осадка (загрязненного грунта, твердых продуктов и т.п.);

- реакторы-смесители турбулентного или кавитационного типа для обработки извлеченных из шламовых амбаров продуктов и их подготовки к последующему эффективному разделению на три фазы: нефтяную, водную и твердую;

- гравитационные отстойники для разделения на самостоятельные фазы обработанных при определенных условиях (температура, давление, время обработки, гидродинамический режим) и с помощью необходимых реагентов (деэмульгаторы, флокулянты, коагулянты) жидких и содержащих твердую фазу (пульпу) продуктов;

- устройства доочистки полученных продуктов до требуемых норм качества:

- а) биологические фильтры для доведения содержания нефтепродуктов до требуемой величины (до 0,03 мг/л);

- б) система фильтров и сепараторов для разделения твердой фазы на органическую и неорганическую составляющие.

Дополнительное оборудование:

- промывочное устройство для очистки грунта от нефтепродуктов;

- полигон (специальная площадка) для обработки грунта биосорбентом и доведения содержания в нем нефтепродукта до требуемых норм.



Данный технологический процесс можно осуществить с помощью разработанной установки в блочно-модульном исполнении (в виде стационарных блоков, увязанных кинематическим способом, или на автоприцепах).

Интересен опыт биологической утилизации нефтесодержащих отходов в ОАО «Московский НПЗ». Биотехнология утилизации основана на применении ассоциации микроорганизмов, активно утилизирующих углеводороды нефти и нефтепродуктов в воде и почве. На заводе для биологической утилизации нефтешламов используется препарат «Деворойл», разработанный НИИ микробиологии РАН. Специальные добавки в составе препарата значительно активизируют процесс деструкции нефти. Микроорганизмы, входящие в состав препарата «Деворойл», выделены из природы. Доказана их нетоксичность и непатогенность, имеется разрешение на применение препарата санитарно-эпидемиологического надзора и охраны ОС, биотехнология запатентована.

Технология утилизации нефтешламов проводится следующим образом. Нефтешлам поступает с места складирования на специальную обвалованную площадку по детоксикации шлама площадью 0,8 га. Площадка разбита на карты, в каждую карту завозятся опилки и равномерно (слоем 15-20 см) распределяются по всей поверхности. На приготовленную подложку раскладывается нефтешлам и смешивается с опилками с помощью трактора, оборудованного фрезой. Общая высота приготовленного слоя не превышает 0,4 м.

Приготовленную смесь обрабатывают биопрепаратом с добавлением минеральных удобрений (диаммофос). Полученный субстрат тщательно перемешивается, периодически увлажняется (2 раза в неделю) с перемешиванием. Время детоксикации шлама составляет 2 месяца. С марта по октябрь осуществляется 4 полных цикла биологической очистки. На данной площади обеспечивается переработка 2500 м<sup>3</sup> нефтешламов. Образующийся новый продукт относится к 4-му классу опасности и используется в качестве технического грунта для отсыпки дорог, ликвидации оврагов, создания газонов.

### **2.12.7. Методы комплексной переработки шламов**

Несмотря на большое разнообразие существующих методов и технических средств переработки отходов, не всегда удается достичь одностадийного процесса при обработке шламов, поэтому, как правило, используют комплексные технологии обработок. Зачастую только механические или физико-химические методы не

могут дать эффективного разделения, а следовательно, обезвреживания из-за высокой стабилизации дисперсии (шлама). При этом отмечается закономерность: чем более продолжительное время хранится шлам, чем более сложны пути его образования, перекачки и транспортировки, тем его стабильность выше. И в таких случаях обычно применяют комплексные схемы переработки, включающие в себя отстаивание, флотацию, дегазацию, кондиционирование, осушку, обработку коагулянтами и флокулянтами, уплотнение, разделение. Заключительными стадиями обработки могут быть размещение на специальных полигонах с применением биотехнологий, сжигание, использование в строительстве и других отраслях промышленности. Примером такого подхода может служить схема, приведенная на рис. 2.57.

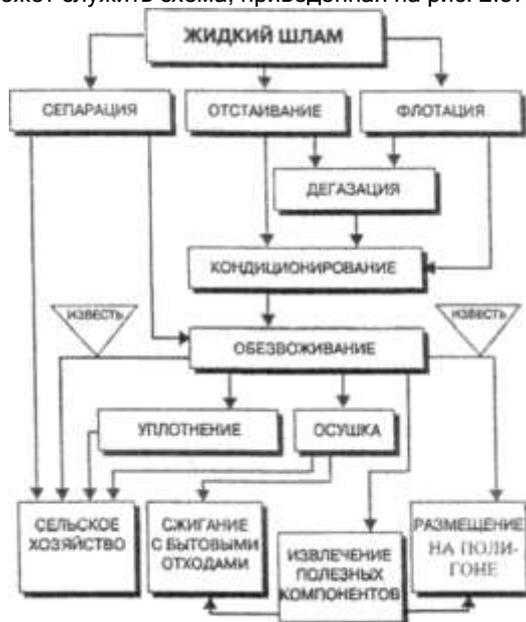


Рис. 2.57. Схема комплексной обработки шламовых отходов фирмы DEGREMONT

Экология нефтегазового производства

Комплекс методов для обезвреживания шламов, образующихся при зачистке резервуаров, фирмы ТОФТЕЙОРГ представляет собой двухстадийную технологию. На первой стадии производится извлечение шламов из резервуаров и их зачистка при помощи оригинальных устройств, на второй стадии - отмыв от нефтепродуктов при помощи реагентов и центрифугирования.

Различные фирмы, предприятия специализируются на проектировании и изготовлении комплексных систем по очистке нефтесодержащих отходов. Рассмотрим некоторые отечественные и зарубежные технологии и технические средства.

Представляет интерес технология фирмы КНД (Германия), сочетающая в себе термическую обработку шламов, реагентную обработку и сепарацию, позволяющую получить чистые беспримесные фазы, что облегчает их дальнейшее использование. На рис. 2.58 изображена схема высокотехнологичного процесса получения нефти из шламов.

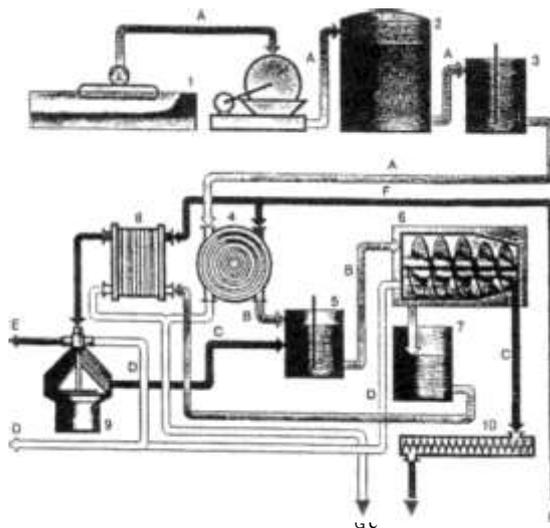


Рис. 2.58. Схема получения нефти из шламов фирмы КНД:

A - нефтешлам; B - подогретый нефтешлам; C - осадок; D - очищенная нефть; E - сточные воды; F - пар; G - конденсат; 1 - озеро нефтешламов с насосной станцией; 2 - емкость для гомогенизации; 3 - емкость предварительного кондиционирования; 4 - спиральный теплообменник; 5 - емкость для кондиционирования флокулянтom; 6 - трехфазная центрифуга; 7 - сборная емкость; 8 - пластинчатый теплообменник; 9 - тарельчатый сепаратор; 10 - шнековый транспортер

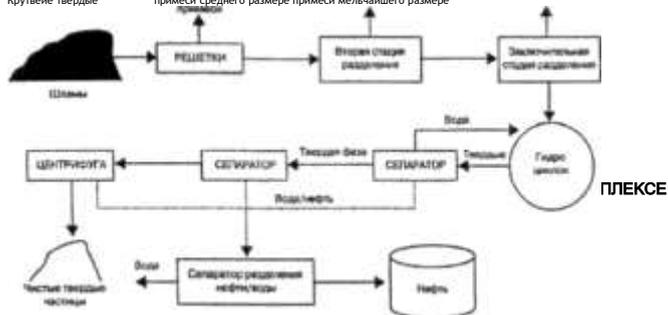


Рис. 2.59. Схема поточной комплексной обработки шламов фирмы CRS

Комплексная технология переработки шламовых отходов и нефтезагрязненных земель американской фирмы CRS (рис. 2.59) позволяет очищать до безопасного уровня получаемые после разделения фазы; остаточное содержание нефти соответствуют нормам сброса в ОС.

Установка по обезвреживанию и утилизации нефтесодержащих шламов ООО «ВНИИГАЗ» предназначена для химического обезвреживания и утилизации шламов, образующихся на стенках газоконденсатопроводов и резервуаров; хранения стабильного конденсата, аппаратов и оборудования технологических установок по переработке газа и конденсата. На рис. 2.60 изображена принципиальная технологическая схема установки.

Продукт утилизации установки - минеральный порошок, используемый при производстве асфальтобетонных смесей для площадок стоянок техники, конструктивных элементов автодорог, как строительный материал для очистных сооружений. Для обезвреживания нефтесодержащих шламов используется препарат,

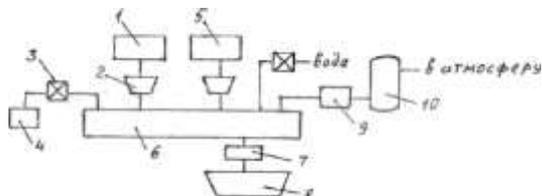


Рис. 2.60. Схема установки ВНИИГАЗа:

- 1 - бункер пастообразного шлама; 2 - бункер-дозатор; 3 - насос; 4 - бункер жидкого нефтешлама; 5 - модификатор; 6 - смеситель; 7 - транспортер; 8 - бункер с продуктами утилизации; 9 - очистное устройство; 10 - трап

в состав которого входят негашеная известь и модификатор. В качестве модификатора применяют отходы других производств.

Известна технология переработки и утилизации нефтешламов с применением химических реагентов, растворителей углеводородов, нагрева, центрифугирования, ультразвуковой и микробиологической очистки. На рис. 2.61 изображена принципиальная схема переработки и утилизации нефтешламов.

Технология предназначена для переработки нефтесодержащих шламов, представляющих собой окисленные смолотарафиновые отложения, загрязненные грунты, донные осадки отстойных аппаратов, нефтесодержащие отходы бурения, добычи нефти и ремонтно-восстановительных работ.

Процесс переработки и утилизации нефтешламов осуществляется следующим способом. Шлам в шламовом амбаре подвергается размыву водой с добавкой химреагентов. С амбара жидкость с твердыми примесями поступает в емкость, откуда с нижней части поступает в центрифугу, а с верхней части в экстрактор. В центрифуге происходит разделение на нефть, воду и мехпримеси. Подогретая паром жидкость направляется в экстрактор, куда добавляется растворитель углеводородов и откуда смесь поступает в модуль микробиологической очистки. Нефть и очищенный шлам используются по назначению. Рассмотренная технология позволяет:

- оздоровить экологическую и радиационную обстановку на



- довести содержание нефтепродуктов в грунте до норм ПДК.

Фирма «ЭКОсервис-НЕФТЕГАЗ» выпускает портативные установки «Форсаж-1» для утилизации нефтесодержащих отходов производительностью до 50 кг/ч.

Компания «ЕРСО» поставляет в Россию полный комплект оборудования и мобильные системы для устранения загрязнений ОС - от оборудования для локализации и сбора разливов нефти и нефтепродуктов на суше и воде до установок по рекуперации шламовых амбаров, в том числе комплексы по промывке почвы и нефтешламов. Предлагаются:

- мобильные системы очистки нефтяных резервуаров, включающие дистанционно управляемые передвижные гидромониторы и высококачественное оборудование по очистке донного осадка;

- мобильные насосные установки Crisafulli для перекачки воды, нефти и водонефтяной эмульсии;

- вакуумные грузовики для транспортировки водонефтяной пульпы;

- новейшее оборудование для утилизации нефтешламов с последующим их двухступенчатым сжиганием методом прямого нагрева.

#### **2.12.8. Применение нефтешламов в качестве сырья**

Применение нефтешламов в качестве сырья является одним из рациональных способов его использования, т.к. достигается определенный экологический и экономический эффект. При производстве продукции не требуется специального оборудования и дополнительной энергии.

Нефтесодержащие отходы, ранее имевшие жидкие или текучие органические или вредные водорастворимые вещества, на первом этапе обработки перемешиваются (диспергируются) с активным порошкообразным материалом в такой пропорции, в которой достигается химическая нейтрализация или адсорбционное связывание вредных компонентов.

Среди многочисленных исходных материалов (негашеная известь, гипс, глина, песок и др.) наибольшее предпочтение отдается окиси кальция СаО (негашеной извести). При этом возбуждается экзотермическая реакция гашения извести с образованием трудно растворимого карбоната кальция, который

плотной мелкокристаллической коркой покрывает остатки жидких нефтепродуктов. Через несколько минут жидкие нефтешламы превращаются в твердые преобразования. Чтобы твердый материал всегда оставался прочным, плохо впитывающим воду, дополнительно вводят в состав некоторое количество гипса, глины, песка. Часто для обезвреживания нефтесодержащих шламов используются препараты, в состав которых входят негашеная известь и отходы других производств.

Одной из наиболее широких областей применения нефтешламов является *дорожное строительство*, где они используются как добавка к связующим материалам; при этом повышается качество асфальтобетонной смеси. Продукт утилизации - минеральный порошок применяется при производстве асфальтобетонных смесей, конструктивных элементов автодорог, площадок для стоянки техники, а также как строительный материал для очистных сооружений.

Предлагается использовать нефтешлам для получения грунтобетонной смеси при добавке в грунт извести - 4-5%, нефтешлама - 2-4%, воды - 8-16%. При этом достигается повышение прочности, снижение водопоглощения и уменьшение стоимости дорожного покрытия. Для повышения водостойкости покрытия из асфальтобетонной смеси предлагается состав вяжущего при следующем массовом соотношении компонентов: битум - 3-5%, нефтяной шлам - 1-4%, минеральный материал - остальное.

Известна композиция для устройства дорожного покрытия с массовым содержанием: шлаковая пыль - 20-40%, рядовой шлаковый щебень - 15-20%, грунт - 25-30%, оксид кальция - 2-5%, оксид магния - 1-3%, нефтяной шлам - 2-4%, остальное - вода.

Разработан состав для изготовления дорожного бетона при следующих соотношениях компонентов: портландцемент - 6-14%, наполнитель - 77-79%, нефтешлам - 3-7%, остальное - вода.

Второй областью по объему использования нефтешлама в качестве сырья является *изготовление строительных материалов*. Предварительно обезвреженный шлам может использоваться в производстве кирпича, керамзита, мелкокоразмерных строительных изделий и т.п. (табл. 2.19).

Т а б л и ц а 2.19

**Возможная номенклатура продуктов утилизации бурового шлама**

Наименование изделия	Использование шлама
Шлакоблоки по ГОСТ 6133-99	В малоэтажном строительстве для ограждающих и несущих конструкций, подсобных зданий
Плитка тротуарная по ГОСТ 17608-91	Для устройства сборных покрытий тротуаров
Бордюрный камень по ГОСТ 6665-91	Для отделения проезжей части улиц от тротуаров, газонов, площадок и т.д.
Связующие смеси по ГОСТ 23558-94	Для устройства оснований и дополнительных слоёв оснований автодорог с капитальным, облегчённым и переходными типами дорожного покрытия
Гранулированный наполнитель	В бетонах

Предлагается применять нефтешлам для производства теплоизоляционного материала, включающего высокотемпературное волокно, огнеупорную глину и полиакриламид; использовать отработанный шлам в производстве строительного материала типа арболит. Для получения арболита применяют портландцемент или высокопрочный гипс, древесный наполнитель, жидкое стекло и воду. Этим составом обрабатывают шлам. Что касается шламов с повышенным содержанием солей, то их предлагается отверждать композицией, состоящей из полуводного гипса и портландцемента.

Для повышения прочности и морозостойкости бетона в бетонную смесь рекомендуется вводить нефтешлам в количестве 1,5-2,5%.

Наиболее прогрессивным направлением утилизации нефтешламов является использование их в качестве исходного сырья для получения изделий грубой строительной керамики, в частности, в производстве керамзита, глинистого кирпича, тротуарной плитки.

Из 1 м<sup>3</sup> ОБР получается 1,4-1,5 м<sup>3</sup> керамзита. При этом получаемый керамзит обладает хорошим качеством и высокими потребительскими свойствами за счет того, что добавка бурового раствора пластифицирует глину, а выгорание органики, содержащейся в ОБР, способствует лучшему вспучиванию глинистой массы при обжиге и повышению производительности печей. Введение в традиционную сырьевую смесь для производства глиняного кирпича ОБР в количестве до 25% не только не ухудшает показатели качества получаемого керамического изделия, но и существенно улучшает реологические свойства исходной шихты. При этом повышается формовочная влажность массы, ее пластическая вязкость. Получаемый кирпич обладает высокими потребительскими свойствами - он характеризуется минимальной

усадкой, незначительным водопоглощением и высокими прочностными показателями. Тротуарная плитка при добавках шлама обладает большой прочностью.

Указанное направление утилизации отходов бурения является наиболее эффективным способом решения не только проблемы охраны ОС, но и проблемы ресурсосбережения, т.к. позволяет вовлечь в активное народно-хозяйственное пользование вторичные ресурсы.

Нефтешламы используются также для получения битумных вяжущих материалов методом компаундирования и окисления. При этом получается материал, близкий по показателям к нефтяным дорожным битумам (ГОСТ 22245-90). Асфальтобетоны, приготовленные на смесях гудронов (50-75%) и нефтешламов (25-30%), по физическим показателям соответствует требованиям ГОСТ 9128-97. Углеводородный конденсат (черный соляр) по своему составу подходит к летнему дизельному топливу и может использоваться как топливо или смешиваться с нефтью для дальнейшей переработки.

Представляет интерес предлагаемая австрийской фирмой ANDRITZ технология получения из шламов гранулята (рис. 2.62), используемого в строительстве и сельском хозяйстве.

В основу метода заложена осушка измельченного водонасыщенного шлама горячим воздухом, отделение паров воды и фракционирование полученного гранулята. Технология отличается хорошими энергетическими показателями, а также отсутствием эмиссий в ОС.

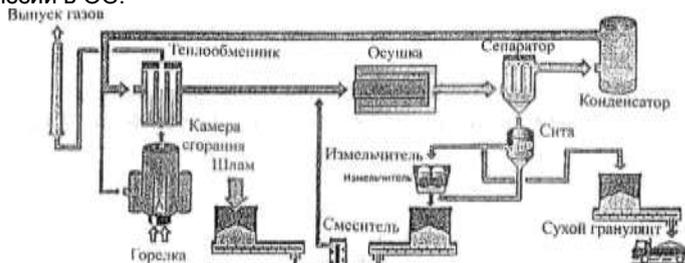


Рис. 2.62. Технология обработки шламов с получением гранулята

Очищенный, оработанный и обезвреженный буровой шлам может использоваться для закладки в «тело» насыпи кустовых буровых площадок.

Заслуживает внимания способ утилизации ОБР в качестве основы удобряющих компостов и мелиорантов, предназначенных для внесения в почву при рекультивации земляных амбаров и

территории буровой, а также структурообразования почвогрунтов. Пригодными для этих целей смогут быть лишь буровые растворы, не содержащие нефти и нефтепродуктов, хроматов и токсичных веществ. Целесообразно использовать такие компосты и мелиоранты для солонцовых, песчаных и супесчаных почв, т.е. почв, обедненных глинистыми структурообразующими компонентами. Использование в качестве твердого отвердителя двойного суперфосфата придает полученной массе удобряющее свойство, приводящее к заметному улучшению структуры и агрономических свойств почвы.

К отходам бурения относят отработанные глинистые буровые растворы, основным компонентом которых часто является высококачественная бентонитовая глина. Бентониты широко используются в земледелии как нетрадиционное удобрение для повышения плодородия почв, особенно песчаных. Поэтому бентонитовые отходы бурения можно использовать с пользой в сельском хозяйстве. Например, более 10 лет бентонитовые агроруды используются в теплицах совхозов «Матвеевский», «Барвиха», АО «Нива» Московской области в качестве субстрата, на котором успешно выращивают томаты, зелень и другие сельскохозяйственные продукты. Бентониты удерживают водопоглощение, уменьшают вымывание минеральных удобрений, уменьшают дозы удобрений, особенно нитратных, увеличивают ионообменную способность, поставляют питательные вещества растениям.

Предложен метод утилизации ОБР, в частности, регенерация активных компонентов буровых растворов методом получения из него глинопорошка с последующим его использованием по назначению.

Перспективным направлением утилизации ОБР представляется его использование для крепления скважин. При этом возможны два варианта. По первому варианту ОБР используется в качестве добавок к известным тампонажным материалам, традиционно применяемым в практике цементирования скважин, по второму – ОБР используется в качестве основного тампонажного материала. Так, фирма Dresser Magcobar разработала тампонажный материал, для приготовления которого использован ОБР на водной основе. Причем в составе ОБР допускается определенное содержание нефти или нефтепродуктов (дизтоплива) и утяжелителя. При этом отмечается, что наличие утяжелителя играет положительную роль, т.к. он способствует увеличению прочности получаемого тампонажного камня. Достоинством такого материала является его

хорошая совместимость с буровым раствором, что приводит к повышению качества сцепления тампонажного камня с породами интервала цементирования и обсадной колонной в затрубном пространстве, а также отсутствие усадки.

Для приготовления тампонажных составов при креплении скважин и изоляции зон поглощений кроме ОБР в качестве вяжущего используют синтетические основы, цемент, гипс и другие материалы. В частности, тампонажный состав на основе глинистого раствора, разработанный ВНИИКРнефтью, включает фенолформальдегидную сланцевую смолу ТС-10, формалин или уротропин. Начало и конец схватывания смеси при различных температурах регулируются оптимальным соотношением компонентов. В результате поликонденсации водорастворимых сланцевых фенолов, содержащихся в смоле ТС- 10, с формалином или уротропином смесь превращается в фенолформальдегидно-глинистую пластмассу. Отвердевшая пластмасса практически не растворима в пластовых флюидах, непроницаема и коррозионно-устойчива в водных растворах солей одновалентных металлов.

В США и Канаде получены обнадеживающие результаты по внесению ОБР в почвы. Способ заключается в равномерном распределении содержимого котлована-отстойника по поверхности земли и механическом перемешивании ее с буровыми отходами. Технология обработки почв применяется недавно, и в США к ней относятся сдержанно. Но первоначальные результаты, полученные в Канаде, дают основание считать ее перспективной с точки зрения повышения плодородности полей при условии, естественно, абсолютного отсутствия в составе буровых отходов вредных примесей, оказывающих отрицательное влияние на качественный состав земель. Предпочтительно применять такой способ в равнинной местности, где уровень грунтовых вод находится достаточно низко от поверхности земли.



### 2.12.9. Захоронение отходов бурения

Создание безотходного процесса бурения скважин основано на комплексном решении ряда вопросов, связанных с очисткой БСВ, повторном использовании буровых растворов, отверждением отходов бурения или их захоронением.

Несмотря на очевидные преимущества утилизации отходов бурения, самым доступным является их ликвидация путем захоронения. При этом практикуется захоронение ОБР и шлама в специально отведенных местах, в глубоководных подземных горизонтах, в земляных амбарах непосредственно на территории буровой.

Захоронение отходов бурения в специально отведенных местах предусматривает для этих целей шламохранилища, бросовые земли или оставшиеся после разработки карьеры и другие горные выработки, с последующей засыпкой минеральным грунтом. Такое захоронение сопряжено со значительными транспортными расходами и поэтому экономически невыгодно. Вместе с тем, захоронение отходов по этому способу является единственно возможным вариантом решения природоохранной проблемы, например, при морском бурении, бурении в курортных и прибрежных водоохраных зонах, а также в экологически уязвимой местности.

Известен метод захоронения жидких отходов (технология ринджекшн), преимущественно ОБР, в глубоководные горизонты. В США практикуется закачка ОБР в глубокие пласты с соленой водой. Глубина захоронения отходов должна составлять не менее 800 м. Этот метод применим при наличии геологических условий, обеспечивающих безопасное захоронение таких отходов. Необходимым и обязательным условием при этом является наличие хорошо экранированных водонепроницаемых пластов с высокими емкостными свойствами, не имеющих гидродинамической связи с другими горизонтами. Кроме того, экономически целесообразно захоронение лишь в случае больших объемов закачки отходов, например при кустовом бурении. Запрещается бурение поглощающих скважин в зонах санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

На предприятиях Западной Сибири практикуется подземное захоронение жидких отходов бурения по технологии, разработанной ВНИИКРнефтью. По этой технологии ОБР и БСВ



собираются в земляные амбары, состоящие из двух секций: в первой секции идет осаждение твердых примесей, а жидкая фаза перетекает во вторую секцию (накопительную), из которой отходы закачиваются в поглощающие пласты. Оставшиеся в котловане твердые отходы (БШ, взвесь) засыпаются минеральным грунтом при рекультивации буровой площадки.

Закачка отходов разрешается после проведения специальных исследований и разработки соответствующей проектной документации, которая согласовывается с санитарно-эпидемиологической службой и другими экологическими органами государственного контроля и надзора. В связи с жесткими требованиями к объектам подземного захоронения и значительными экономическими затратами данный способ утилизации отходов бурения не всегда приемлем.

Самым простым способом ликвидации земляных амбаров является захоронение в них отходов бурения. Но это возможно только при условии наличия совершенно экологически чистых буровых отходов. Ликвидация земляных амбаров в этом случае осуществляется после окончания строительства скважин в теплое время года. Сначала производится отстаивание буровых отходов в земляном амбаре в течение 20-40 дней. За этот период в амбаре происходят основные процессы седиментации и разделение объема отходов на жидкую (водную) фазу и гелеобразный осадок. На поверхности водной фазы образуется слой нефтеводной эмульсии, а в толще воды остаются растворенные (взвешенные) микрокапли нефтепродуктов. Поверхностные нефтеэмульсии откачиваются с



помощью вакуумных машин. При ликвидации амбаров буровой раствор и естественную водную

*Рис. 2.63. Схема захоронения отходов бурения в земляном амбаре:*

- 1 - возвращенный слой почвы; 2 - верхний гидроизоляционный слой из смеси глинистого бурового раствора и цемента толщиной 10 см; 3 - отходы бурения;
- 4 - слой минерального грунта; 5 - нижний гидроизоляционный слой из глинистого бурового раствора толщиной 10 см; 6 - основной минеральный слой; 7 - пленочное покрытие из водонепроницаемых материалов

суспензию следует вывозить на бурящиеся скважины для повторного использования или в пункты приготовления раствора для регенерации. Твердую фазу отходов бурения, в т.ч. разбуренную породу, следует разровнять в земляных амбарах, покрыть слоем глины толщиной не менее 10 см и засыпать сначала грунтом, а затем плодородной землей (рис. 2.63).

Простая засыпка амбаров с технологическими отходами бурения часто оказывается неприемлемой, т.к. из-за тиксотропных свойств буровых растворов амбары не высыхают в течение нескольких лет.

Приоритетным направлением обезвоживания и обезвреживания отходов бурения является их отверждение (солидификация). Обезвреживающий эффект достигается за счет превращения отходов в инертную консолидированную массу и связывания в ее структуре загрязняющих веществ, что практически исключает миграцию их за пределы отвержденного бурового раствора. Такую массу можно захоронить в земляных амбарах непосредственно на территории буровой без нанесения ущерба ОС. Ввод в ОБР активирующих добавок позволяет, кроме того, получать отвержденную массу, выдерживающую нагрузку, которую создает транспортная техника. При этом значительно упрощается процесс захоронения, облегчается последующая планировка и рекультивация амбаров, а также существенно сокращаются сроки возврата земель землепользователю.

Предложен ряд отверждающих составов для обработки шламов. В качестве консолидантов рекомендуется использовать минеральные вяжущие и полимерные материалы. Из минеральных вяжущих высокий обезвреживающий эффект обеспечивают портландцемент, гипс, фосфогипс-полугидрат и магнезиальный цемент. За рубежом предлагают использовать минеральные вяжущие с активными добавками (окись алюминия, жидкое стекло, хлорид железа). Использование отверждающих составов практически полностью исключают миграцию загрязняющей органики.

Наиболее доступен портландцемент, добавка которого должна составлять не менее 10% по объему от отверждаемой массы. Для ускорения сроков схватывания его содержание увеличивают или вводят минеральные соли (поваренная соль, хлористый кальций, кальцинированная сода и т.п.). Прочность отвердевшей массы через 3 суток составляет 0,1 МПа (грунт с такой прочностью выдерживает массу автомашины или трактора). Однако сдерживающим фактором широкого применения портландцемента для

обезвреживания отходов бурения является довольно высокий расход (а значит, и стоимость). По своей эффективности ему не уступает фосфогипс-полугидрат, который не только обладает хорошими вяжущими свойствами, но и содержит в своем составе активные биогенные элементы, действующие как удобряющая добавка. Кроме того, фосфо-гипс, являясь носителем кальция, проявляет мелиорирующий эффект. При попадании в почву массы, обработанные фосфо-гипсом-полугидратом, улучшают структуру и повышают агрохимическую ценность почвы.

Разработаны быстротвердеющие двухкомпонентные составы на основе силиката натрия (жидкое стекло) и материала «Роса». При обработке шлама такими составами процесс твердения протекает в две стадии: на первой стадии происходит резкое загущение массы, на второй - подсыхание массы и дальнейший набор прочности.

Японскими специалистами для отверждения БШ предложен состав, состоящий из портландцемента, безводного гипса и добавок порошкообразного материала некоторых солей. Фирма Chemfix crossford Pollution Services (Великобритания) рекомендует обрабатывать БШ некоторыми растворами силикатов в присутствии коагулянтов. Получаемый при этом твердый материал может быть утилизирован, т.е. использован для по-

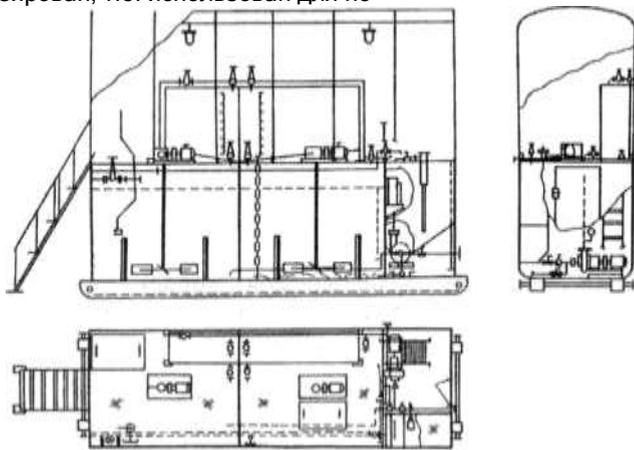


Рис. 2.64. Блок сбора ОБР и БСВ

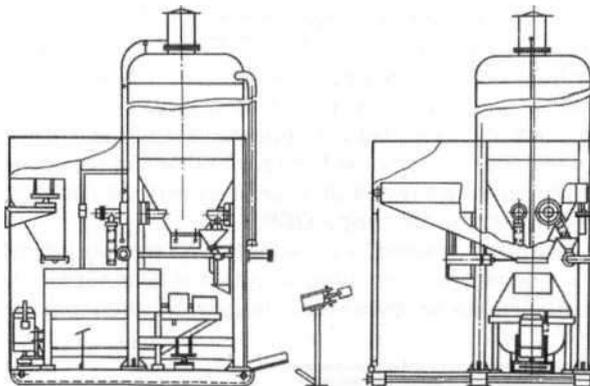


Рис. 2.65. Блок обезвреживания БШ и ОБР

крытия автостоянок или сброшен на поверхность почвы. Ряд исследователей предлагают применять для отверждения фенолформальдегидные смолы.

Найдено наиболее полное инженерное решение по приданию ОБР и БШ прочностных характеристик. Для этого используется комплекс природоохранного оборудования, выполненного в блочно-модульном исполнении (рис. 2.64 и 2.65).

В его состав входят:

- блок очистки БСВ с системой организованного сбора жидких отходов (БСВ и ОБР);
- блок обезвреживания БШ и ОБР;
- блок транспортирования (скребковый транспортер) обезвреженных отходов в места их локального складирования на территории буровой;
- укрытие (сборно-разборное) для обезвреженных ОБР и БШ в холодное время года. Оборудование может быть изготовлено в различном исполнении (на шасси автомобиля или в стационарном блоке) в зависимости от типа БУ, условий бурения и т.д.

Техническая характеристика комплекса: производительность при очистке БСВ - 15 м<sup>3</sup>/ч, при обезвреживании ОБР - 40 м<sup>3</sup>/ч, при обезвреживании БШ - 10 м<sup>3</sup>/ч. Технология обработки отходов ориентирована на использование отечественных реагентов - технического сульфата алюминия (коагулянта), полиакриламида (флокулянта) и обезвреживающего состава «Роса» или смеси цемента с сорбционно-активными добавками.

Комплекс (рис. 2.66) работает следующим образом. БСВ поступает в отсек емкости 1 (сбора ОБР и БСВ и очистки БСВ). После заполнения отсека сточной водой включается перемешиватель 5, и из резервуаров 4, 3 последовательно вводят коагулянт и флокулянт. После перемешивания и отстоя осветленная часть воды насосом 6 перекачивается в систему оборотного водоснабжения, а осадок - во второй отсек блока 1, предназначенного для сбора ОБР.

ОБР с циркуляционной системы поступает во второй отсек блока 1 и после его заполнения насосом 6 подается в гидросмеситель 7, куда из бункера 8 подается обезвреживающий

БШ с 6 пока очистки

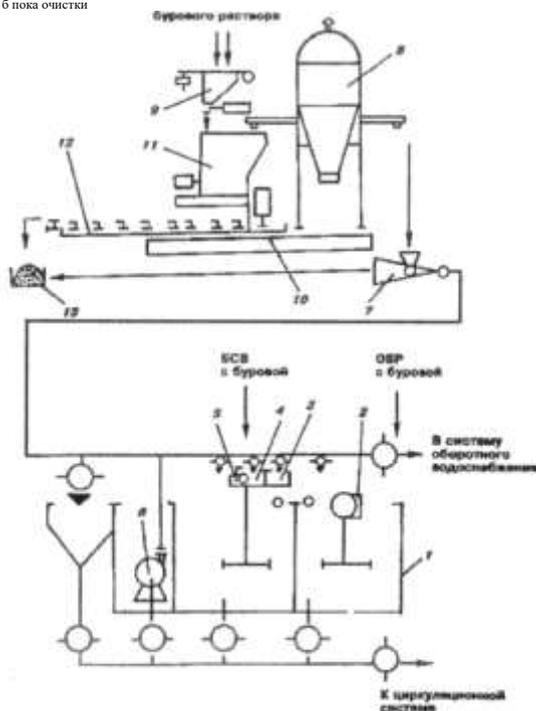


Рис. 2.66. Принципиальная технологическая схема работы

природоохранного оборудования:

- 1 - емкость; 2, 5- перемешиватель; 3, 4- резервуары; 6 - насос; 7 - гидросмеситель; 8, 9 - бункер; 10 - блок обезвреживания БШ; 11 - смеситель; 12 - транспортер; 13 - площадка

состав «Роса». Обработанный ОБР направляется на площадку сбора твердой массы 13.

БШ с блока очистки подается в приемный бункер 9 блока обезвреживания шлама 10. Из бункера 9 шлам порционно подается в смеситель 11, где смешивается с отверждающим составом, поступающим из бункера 8. Обезвреженный БШ поступает на транспортер 12 и транспортируется на площадку сбора твердых веществ. Превратившиеся в твердое состояние отходы подлежат захоронению в минеральном грунте на территории буровой.

Блоки оснащены системой автоматики и ориентированы на обслуживание их штатным персоналом буровой бригады.

Значительно повысить технико-экономическую эффективность и надежность работы вышерассмотренного оборудования можно путем оснащения циркуляционной системы БУ высокоэффективными четырехступенчатыми техническими средствами очистки буровых растворов (вибросита, песко- и илоотделители, центрифуги).

Причем особенно важна роль центрифуг в решении природоохранных задач. Центрифуги выполняют две функции: очистки буровых растворов и разделения растворов на твердую и жидкую фазу. Применение специальных центрифуг для разделения на фазы как буровых растворов, так и ОБР позволяет кратно (в 3-5 раз) снизить объемы образования отходов бурения. В этом случае существенно упрощается и роль блока обезвреживания ОБР и БШ, который будет работать только на обработку БШ, а следовательно, значительно сокращаются расходы реагента «Роса», что дает ощутимую экономию средств на обезвреживание отходов в целом.

После окончания строительства скважин проводится планировка территории под эксплуатацию скважин и рекультивация земель.

#### **2.12.10. Утилизация смазочных материалов**

К современному буровому и нефтепромысловому оборудованию предъявляются высокие требования по надежности и долговечности. Этому способствует применение в оборудовании качественных смазочных материалов, которые в процессе работы изменяют свои физико-химические свойства под влиянием нагрузок, скоростей, высоких температур, кислорода воздуха, коррозионно активных соединений и др. Продукты износа и коррозии усугубляют процесс. Смазочные материалы с течением времени изменяют свои свойства, происходит разложение,

окисление, полимеризация и конденсация углеводородов, обугливание (неполное сгорание), разжижение горючим, загрязнение посторонними веществами и обводнение. В результате в маслах накапливаются асфальто-смолистые соединения, коллоидный кокс и сажа, различные соли, кислоты, а также металлические пыль и стружка, минеральная пыль, волокнистые вещества, вода и т.д. При соприкосновении масел с нагретыми частями оборудования происходит термическое разложение (крекинг), в результате которого образуются легкие летучие и тяжелые продукты. Весь этот процесс изменения физико-химических свойств масла называется его *старением*. Жидкие масла, проработавшие установленный срок и утратившие первоначальные качественные показатели, считаются отработанными, и они должны сливаться из системы смазки и заменяться свежими. Густые смазки теряются безвозвратно.

Тщательный сбор отработанных нефтепродуктов имеет большое значение, т.к. отработанные масла после регенерации (восстановления) можно использовать повторно, тем самым сэкономив дорогие и дефицитные свежие масла. Необходимость сбора отработанных масел диктуется также условиями охраны природы и ОС. К сожалению, в нашей стране наблюдаются варварские методы уничтожения отработанных масел. Самый опасный способ - слив отходов в реки и водоемы или закапывание в землю. Последствия подобных решений - отравленная вода из «экологически чистых» подземных источников; рыба, обреченная на неизбежную гибель, переносящая яды на многие километры; желто-серая пленка смерти на лице некогда прекрасных озер и рек. Более гуманный метод, применяющийся большинством предприятий России, - сжигание отработанных смазочных материалов - к сожалению, также не дает нужного эффекта. В процессе сжигания образуются полихлорированные бифенилы, дибензофураны и другие диоксиноподобные соединения, которые обладают высокой термоустойчивостью и не уничтожаются, а выбрасываются в атмосферу, и тем самым загрязнение распространяется на многие сотни километров.

В России до 77% всех отработанных масел нелегально сбрасывается в почву и в водоемы, 40-48% собирается, но из всех собранных отработанных масел только 14-15% идет на регенерацию, а остальные 26-33% используются как топливо или сжигаются. По данным ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти», по состоянию на конец 2003 г. одним из основных поставщиков отработанных смазочных

#### Экология нефтегазового производства

материалов в России является автотракторный парк. В его структуре на долю легковых автомобилей приходится не менее 80%, на долю грузовых - около 13%, на долю автобусов - около 2%. Основными потребителями моторных масел являются Центральный и Приволжский Федеральные округа; в них, естественно, образуется большое количество отработанных масел.

При несанкционированных сбросах отработанные масла, продукты их сгорания, накапливающиеся в почве и атмосфере, приводят к нарушению воспроизводства птиц, рыб и млекопитающих, а также обладают выраженным вредным воздействием на человека. Эти вещества вызывают иммунодепрессию, болезни печени и почек, оказывают неблагоприятное воздействие на органы репродукции, нарушают деятельность щитовидной железы плода, что ведет к расстройствам нервной системы, нарушению роста, врожденным аномалиям и задержке развития мозга ребенка.

Для снижения вредного влияния, ущерба, наносимого ОС большим количеством отработанных масел, необходима их утилизация. Однако в настоящее время в России установки или заводы по утилизации с соблюдением требований природоохранного законодательства практически отсутствуют. Сбор отработанных масел в Москве и в ряде регионов страны у производителей проводится с целью их продажи в качестве топлива для прямого сжигания в неспециализированных печах без предварительной очистки загрязняющих биосферу примесей. В результате этого государственные органы невольно узаконивают экологически вредный вид деятельности в области управления отработанными смазочными материалами. Такая организация рынка отработанных смазочных материалов в России противоречит принципам защиты ОС от вредных выбросов.

Смазочные материалы являются сложными композиционными продуктами, в состав которых входят многие компоненты и присадки, обуславливающие их специфические свойства. От конструкции узла трения оборудования зависит выбор типа смазки. Смазка должна иметь запас эксплуатационных свойств для нормальной работы механизма за весь период эксплуатации его до установленного срока ТО и ПР. Основу смазочных материалов составляют жидкие нефтяные (минеральные) масла. Для повышения рабочих свойств масел и смазок к ним добавляют в небольших дозах легирующие добавки (присадки) для различного целевого функционального облагораживания масел.

На объектах нефтегазового производства применяется в

большом количестве широкий ассортимент масел:

1) автомобильные моторные масла для специальной и автотракторной техники, авиационные моторные масла (например, МС-14, МС-20) для дизельного привода БУ;

2) трансмиссионные масла для механических передач;

3) индустриальные масла для снижения трения и износа в трущихся узлах оборудования (буровой ротор, лебедка, насос, ключ АКБ, станок-качалка и др.). По объему потребления отработанные индустриальные масла занимают первое место;

4) трансформаторные масла. Например, масло МА ПЭД с высоким пробивным напряжением и со смазывающими присадками применяется в погружных электродвигателях УЭЦН;

5) масла для компрессоров (например, К-12, КС-19, КЗ-20);

6) гидравлические масла в гидроприводах, гидромеханизмах и гидросистемах (например, МН-15Б, МГ-15В в превенторах), отличающиеся исключительно хорошими низкотемпературными свойствами, делающие их пригодными для эксплуатации в холодных условиях, включая экстремальные условия Арктики.

Сбор отработанных масел производят бригады смазчиков. Количество емкости должно соответствовать количеству сортов собираемых масел, подлежащих отдельной регенерации. При сборе масла запрещается хранить их в открытых емкостях, помещениях, где работает оборудование, смешивать жидкости и масла, подогревать открытым пламенем. Если оборудование не эксплуатировалось более 3 месяцев, смазку меняют полностью. Нормы сбора индустриальных, компрессорных, турбинных и трансформаторных масел установлены в отрасли в пределах 10-17% к расходу свежих масел.

На промыслах имеются специальные складские помещения, в которых хранятся емкости и бочки с разными сортами масел и смазок в объеме текущей потребности предприятия в смазочных материалах, а также месячного запаса. Лейки, воронки, фильтры, шприцы и другой смазочный инструмент должны быть чистыми, без пыли и грязи.

На буровой используются специальные маслоустановки, имеющие баки и насос для перекачки масла из одной емкости в другую и подачи его к расходным емкостям, установленным непосредственно у дизелей.

Необходимо своевременно заменять топливо и масло в соответствии со своей времени года. Зимним периодом считается время работы агрегатов при температуре ОС от +5 °С и ниже. Желательно использовать смазочные материалы всепогодные.

#### Экология нефтегазового производства

Регенерация масел осуществляется или непрерывной очисткой их во время работы в циркуляционных системах оборудования, ДВС при помощи фильтрующих устройств, центрифуг, или после сбора отработанных масел на заводах, в цехах, на нефтебазах, специальных станциях. Современные методы восстановления позволяют приблизить регенерированные масла по эксплуатационным свойствам к их исходным параметрам.

Процесс регенерации состоит из следующих операций:

- обработка масла отбеливающей глиной и водой для создания водомасляной эмульсии;
- отделение воды и топлива от масла (предварительно подогретого в печи до 250-300 °С) в испарителе с разрежением 13,3-20 кПа, в котором происходит также дополнительное контактирование масла с отбеливающей глиной;
- фильтрация масла и смешение регенерированного масла с присадками.

На промыслах иногда используются передвижные портативные установки по регенерации масел (типа ПСМ-3000, ВИМЭ- 2). Установки работают по методу отгона горючего (поглощение асфальто-смолистых веществ, отделение масла отбеливающей глиной и фильтрация твердых примесей). Очищенное масло рекомендуется добавлять в свежее в количестве 30% от объема и использовать эту смесь по назначению.

За рубежом, в странах ЕЭС разработана и применяется Директива по утилизации отработанных масел 75/439/ЕЭС от 16.06.75 г., включающей в себя сбор, транспортировку, переработку и захоронение отработанных масел. В Директиве отработанные масла рассматриваются не как отходы, подлежащие уничтожению, а как отработанные продукты, подлежащие вторичному использованию. Деятельность сборщиков, перевозчиков и переработчиков подлежит обязательному лицен

зированию. Важным фактором реализации положений Директивы являются предусмотренные в ней ежегодные отчеты стран-членов ЕЭС в Комиссию ЕЭС о своем техническом уровне, опыте и достигнутых результатах.

Для обеспечения жизнеспособности требований Директивы предусматриваются способы экономического стимулирования предприятий, занимающихся утилизацией отработанных масел (соответствующая ценовая, налоговая и акцизная политика, субсидии и вознаграждения). Эти предприятия в качестве компенсации за обязательства, возлагаемые на них, могут получать дотации за оказанные услуги. Благодаря такой законодательной системе в странах ЕЭС достигнуты высокие показатели по сбору и переработке отработанных масел. В некоторых странах ЕЭС (Австрия, Бельгия, Финляндия, Франция, Ирландия, Италия, Люксембург, Португалия, Испания, Великобритания) отработанные масла, применяемые в качестве топлива для энергетических целей, полностью освобождены от налогов.

В странах - членах ЕЭС в 2000 г. было использовано 4,84 млн т смазочных материалов (приблизительно 65% автомобильных и 35% индустриальных масел). Из них около 50% масел было потеряно во время применения (угар, сжигание, испарение, осадки в резервуарах и контейнерах и т.д.), остальные 50% составили отработанные масла, подлежащие сбору.

В Европе в настоящее время наибольшая мощность предприятий по регенерации отработанных масел сосредоточена в Германии. Там работают высокотехнологичные предприятия по производству высококачественных базовых масел второй группы из отработанных масел. В Германии создана идеальная система сбора и утилизации отработанных смазочных материалов. Ценовая политика отрегулирована таким образом, что расходы на сбор и перевозку отработанных масел полностью оплачиваются производителями и переработчиками, при этом государственных дотаций не требуется.

#### **2.12.11. Дезактивация радиоактивных шламов пластовых вод**

При добыче, транспортировке и переработке нефти, газа и газоконденсата попутно поступают с пластовыми водами природные радионуклиды рядов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Tl}$ ,  $^{40}\text{K}$ . Определенный вклад



в удельную активность нефтяных шламов вносит радий-226 и продукты его распада. Масса радиоактивных шламов пластовых вод месторождений углеводородов в России составляет десятки млн т. Удельная радиоактивность шламов может достигать 1000 кБк/кг.

На всем пути следования радионуклиды создают радиационный фон загрязнения. Гамма-излучению подвержено герметизированное нефтепромысловое оборудование (НКТ, резервуары, насосы, трубопроводы и прочее). Альфа-бета-излучение исходит от демонтируемого оборудования, мест его зачистки, мест возможных утечек, вынужденных сбросов нефти и промышленных вод на поверхность земли. В таких местах существует опасность внешнего и внутреннего облучения рабочего персонала, населения, животных.

Образующийся радиоактивный шлам, осадки с оборудования, загрязненная почва являются твердым радиоактивным отходом. Поэтому необходим радиационный контроль объектов производства и индивидуальный дозиметрический контроль рабочего персонала. Должна строго выполняться радиационная безопасность при обращении с производственными отходами при сборе, хранении, транспортировке и захоронении радиационных отходов. На хранилище для размещения твердых радиационных отходов должно быть получено разрешение областного санитарно-эпидемиологического надзора.

Радиометрической съемкой выявлено семь типичных источников радиоактивного загрязнения территории нефте- и газопромыслов:

1. Установки регенерации метанола. Удельная радиоактивность шлама невысока - до 1-2 кБк/кг. Шлам, как правило, не содержит парафиноподобных веществ.

2. Стальные резервуары (РВС) для хранения метанольной пластовой воды. Шлам смешивается с парафиноподобными веществами, количество которых может достигать 50% от объема шлама. Как правило, средняя удельная активность смеси шлама и парафина не превышает 10 кБк/кг.

3. Нефтеловушки очистных сооружений. Радиоактивность шламов может достигать 30 кБк/кг. В шламе практически нет парафиноподобных веществ. Он содержит в основном трудно растворимые соли радия.

4. Отложения солей на внутренней поверхности трубопроводов и оборудования для добычи нефти и газа. Удельная радиоактивность солей достигает 30 кБк/кг. Это труднорастворимые в соляной, серной и уксусной кислотах отложения, содержащие

#### Экология нефтегазового производства

радиобарит и радиокальцит.

5. Ранее сброшенные на землю шламы с повышенной радиоактивностью. Это один из основных источников экологической опасности на территории нефте- и газопромислов России.

6. Отложения шламов в емкостях (РВС) для отстаивания газового конденсата.

7. Выходы на поверхность земли пластовых вод с повышенной радиоактивностью (в том числе при бурении скважин).

Технология дезактивации радиоактивных шламов представляет собой последовательность следующих операций:

- исследование радиоактивности шлама в РВС или в нефтеловушке радиометрическим методом по методике разностного эффекта; выборочное или полное удаление шлама;

- сжигание и прокаливание шлама в специальной печи;

- помещение шлама после отжига в специальные контейнеры для его временного хранения; определение удельной активности радиометрическим методом и химического состава рентгенометрическим методом;

- добавление реагентов (солей натрия, бария, церия) с целью повышения эффективности дезактивации; обработка шлама кислотой; обработка шлама паром от передвижной парогенераторной установки; удаление парафиноподобных веществ и определение их удельной активности по альфа-, бета- и гамма-излучению;

- принудительная фильтрация радиоактивной жидкости через песчаный фильтр; определение удельной активности фильтра;

- удаление технической воды из очистных сооружений, разбавление до уровня менее 5 Бк/л и ее закачка в скважины на глубину 3700 м; контроль удельной радиоактивности пласта в скважине по данным гамма-каротажа;

- разбавление шлама после парокислотной обработки нерадиоактивным песком или суглинком до уровня удельной радиоактивности менее 1,5 кБк/кг; складирование или утилизация шлама; мониторинг радиоэкологической обстановки по всем объектам складирования и использования разбавленного шлама и его перемещения.



Дезактивация шламов с повышенной радиоактивностью проводится на отечественных и импортных установках, имеющих соответствующий сертификат (разрешение).

### **2.13. ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА**

Выжигание, бездумная выработка лесных массивов, уничтожение естественных пастбищ для выпаса животных, отстрел ценных пород животных привели человечество к тому, что оно вынуждено для спасения растительного и животного мира проводить его охрану. Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) создан для сохранения естественных экосистем, растительного и животного мира.

Территория РФ, на которой добываются нефть и газ, и построены различные промышленные объекты, представлена весьма разнообразно: березовые и дубовые рощи, сосновые и смешанные леса, равнины и холмы, заболоченные массивы со мхом, осокой, кустарником, сельскохозяйственные угодья и т.п. На каждом участке территория представлена соответствующей растительностью и животным миром.

Охрана растительности и животного мира заключается, прежде всего, в сохранении условий произрастания растений и среды обитания животных. Исходя из этого все мероприятия, направленные на снижение загрязнения воздуха, поверхностных вод и почвы, а также на минимизацию изъятия земель, так или иначе способствуют охране растительного и животного мира.

К мероприятиям по охране растительного и животного мира относятся:

- рациональное отчуждение земель для сохранения растительности и условий обитания зверей и птиц;
- согласование размещения площадных и линейных объектов со специально уполномоченными государственными органами по охране, контролю и регулированию животного мира и среды его обитания в целях исключения сооружения объектов в местах гнездования редких и исчезающих видов птиц, а также на участках нереста рыб и зимовальных ям;
- снабжение емкостей и резервуаров на всех сооружаемых объектах системой защиты в целях предотвращения попадания в них животных и птиц;



#### Экология нефтегазового производства

- оборудование опор ЛЭП птицевозащитными устройствами;
- устройство ограждения площадок, потенциально опасных объектов (амбары, факельные установки, полигоны бытовых и промышленных отходов);
- хранение нефтепродуктов и химреагентов в герметичных емкостях;
- перемещение строительной и специальной техники только по отведенным дорогам;
- сохранение древесно-кустарниковой растительности вблизи промышленных объектов; недопущение уничтожения растительности химическими способами в местах массового обитания животных;
- забор воды из рек для очистки трубопровода и его гидравлических испытаний только в межнерестовый период, при этом водозаборные устройства должны быть оборудованы рыбозащитными сетками;
- сливание воды после гидравлических испытаний трубопровода перед ее выпуском на рельеф или обратно в водоток в заранее оборудованные амбары-отстойники; желательно отработанную воду использовать вторично;
- предупреждение случаев любого браконьерства, соблюдение сроков и правил охоты на территории месторождения;
- категорический запрет на беспривязное содержание собак;
- исключение вероятности возгорания лесных участков на территории ведения работ и прилегающей местности; строгое соблюдение правил пожарной безопасности; недопущение выжигания растительности на территории строящихся и эксплуатирующихся объектов;
- проведение технической и биологической рекультивации на территориях землеотвода.

При подготовке площадки под промышленный объект приступать к рубке деревьев разрешается только после закрепления границ отведенного участка в натуре, оформления лесорубочного билета, удостоверяющего право пользования землей. Обязательно наличие согласованных с органами лесного хозяйства технологических карт или проектов на проведение лесосечных работ. Рубка леса на площадях, отведенных под строительство промышленных объектов и коммуникаций, производится в соответствии с Правилами отпуска дре-

весины на корню в лесах РФ и под строгим контролем со стороны органов лесного хозяйства.

Не допускается высокая срезка деревьев. Высота пня должна быть не более одной трети диаметра среза. При рубке деревьев диаметром меньше 30 см высота пня должна быть не более 10 см. Не допускается валка деревьев и расчистка участков от древесины с помощью бульдозеров, уничтожение и захоронение товарной древесины, захламление древесными остатками приграничных полос опушек, повреждение стволов и скелетных корней опушечных деревьев, хранение неокоренной хвойной древесины без специальных защитных мер, предохраняющих ее от заселения энтомофагами.

С целью сохранения плодородия почв и предотвращения эрозионных процессов предпочтение отдается зимней прорубке трасс. На участках трасс перетаскивания БУ следует ограничивать раскорчевку площади, заменяя ее связкой пней на уровне поверхности почвы. Корчевка пней допускается только в пределах проезжей части. Для укрепления оснований дорог, буровых площадок и других объектов необходимо использовать древесину лиственных пород. В целях предотвращения заселения древесины вредными насекомыми древесина должна быть окорена и обработана ядохимикатами, или же должно быть обеспечено соответствующее хранение (сухой или влажный способ). Обработка должна производиться не позднее, чем через 10 дней после заготовки. Все порубочные остатки складываются в валы шириной не более 3 м, на заболоченных участках - не ближе 10 м от кромки леса. Деловая древесина используется на нужды строительства или складывается в поленицы вблизи рабочих площадок.

Линии электропередач, трубопроводные и транспортные магистрали должны проектироваться с учетом сохранения путей миграции животных и птиц. В зонах сезонных перелетов птиц не допускается постройка буровой вышки и сооружений. При сжигании попутного газа на трапно-факельной установке следует ограничивать время пользования установкой в темное время суток во избежание гибели птиц, привлекаемых светом факела. Проводимые мероприятия должны обеспечивать соблюдение требований закона «О животном мире».

Контроль над соблюдением санитарных требований в лесах осуществляется работниками государственной лесной охраны лесохозяйственных предприятий и межрайонными ин-

женерами-лесопатологами. Фактором отрицательного воздействия на фауну при строительстве и эксплуатации объектов является временное отторжение охотничьих угодий и распугивание животных и птиц.

Особые меры предосторожности предусматриваются для охраны гнездящихся птиц. Сохраняются все деревья с обнаруженными на них крупными гнездами (точная идентификация гнезд проводится только специалистами-зоологами). В проекте обустройства месторождения должны быть предусмотрены сооружения искусственных гнездований (выбор места и конструкция их определяются специалистами-зоологами) для компенсации возможного фактора беспокойства.

Ущерб животным в значительной степени может быть компенсирован мероприятиями, которые проводятся охотопользователями и природоохранными органами:

- биотехническими, направленными на улучшение кормовых и защитных свойств местообитаний;
- организационными, обеспечивающими жесткий контроль над нерегламентированной добычей (увеличение штата егерей, приобретение для них транспорта, современных средств связи);
- природоохранными, направленными на обеспечение сохранения редких видов животных и уникальных уголков природы.

В последнее время ведется широкомасштабное строительство магистральных газопроводов в северных и восточных регионах страны. Это сказывается на состоянии животного мира. За счет перераспределения популяционных групп, покидающих зоны влияния строительства и эксплуатации магистральных газопроводов, происходит уплотнение популяций в новых местах обитания, что приводит, в конечном счете, к снижению продуктивности охотничьих угодий. Кроме того, в результате отчуждения территорий под строительство и воздействия производственных процессов сокращаются площади оленьих пастбищ, создаются искусственные препятствия на путях миграций оленей. В результате крайне неравномерно используются кормовые ресурсы, исчезают ягельные корма. Нарушение целостности мохового покрова на площадях строящихся объектов ведет к образованию непроходимых вязких болот.

Корневая система растительности в условиях мерзлых грунтов проникает в почву на 10-15 см. Она легко разрушается

при движении гусеничного транспорта. Особенно существенные нарушения в природе происходят при уничтожении растительного покрова на неустойчивых ландшафтах и склонах. Нарушение растительного покрова здесь приводит к активному вытаиванию льдов, водонасыщению протаивающих отложений, нарушению их структуры, к течению растительной массы по поверхности льдонасыщенного грунта. При скоплении и движении сточных вод, загрязненных различными реагентами, глиной, ГСМ, погибает растительность, создается опасность отравления и гибели животных и птиц.

К специальным мероприятиям, направленным на охрану растительности, можно отнести меры противопожарной безопасности. В целях предупреждения возникновения лесных пожаров предусматривается противопожарное обустройство территории нефтегазовых объектов, приобретение противопожарного оборудования и средств тушения лесных пожаров, поддержание их в состоянии готовности в пожароопасный сезон согласно требованиям Лесного кодекса и «Правил пожарной безопасности в лесах Российской Федерации», разработка планов противопожарных мероприятий, согласованных с лесхозом.

Уничтожение или повреждение лесов, а также насаждений, не входящих в лесной фонд, в результате неосторожного обращения с огнем или иным источником повышенной опасности наказывается штрафом в размере от 200 до 500 минимальных оплат труда. Загрязнение леса путем выбросов, сбросов вредных веществ, а также размещений отходов и отбросов производства, коммунально-бытовых отходов, устройства свалок, незаконная порубка, уничтожение критических местообитаний для организмов, занесенных в Красную книгу РФ и субъектов России, повлекшие гибель популяции этих организмов, сокращение численности, нарушение среды обитания, - наказывается ограничением свободы на срок до 3 лет.

#### **2.14. ШУМОВОЕ И ВИБРАЦИОННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ**

При работе практически любого оборудования, имеющего вращательное или возвратно-поступательное движение механизмов, в нем появляются производственные шумы и вибрация. Как правило, изготавливаемое оборудование по уровню звукового и вибрационного воздействия на человека лежит в пределах ПДК.

Но некоторые виды оборудования при работе превосходят нормы в несколько раз. К опасным видам оборудования по воздействию на организм человека являются: ДВС в приводе БУ, буровой ротор и насосы, компрессоры по выработке сжатого воздуха и перекачке газа, ЦНС по перекачке нефти, большегрузный спецтранспорт, тракторы, экскаваторы, вертолеты и т.п.

Ухо человека устроено таким образом, что лучше всего оно воспринимает звук громкостью 55-60 децибел - уровень обычной человеческой речи. Разговор на повышенных тонах в 90 дБ вызывает «слуховой стресс», сильный шум (более 95 дБ) приводит к болезням нервно-психического стресса и ухудшают слух вплоть до глухоты. Очень сильный шум (свыше 110 дБ) вызывает болевые ощущения, происходит резонанс клеточных структур протоплазмы, который приводит к «шумовому опьянению», а затем к разрушению тканей. В зонах с шумом, превышающим 120-140 дБ (рев взлетающего реактивного самолета), запрещено даже кратковременное пребывание. Именно такая интенсивность звука достигается на эстрадных концертах. Уже через сорок минут, проведенных в зале, люди получают так называемую «звуковую контузию». Широко известен пример - во время концерта на открытой площадке группы «Пинк Флойд» всплыла огушенная рыба в озере, расположенном рядом.

Недавно правительство КНР приняло решение на государственном уровне о запрете сильных шумовых звуков на дискотеках, эстрадных площадках, в клубах и других развлекательных учреждениях.

Высокие уровни шума, значительно превышающие санитарные нормы, создают неблагоприятные условия как для обслуживающего персонала, так и для жителей близлежащих районов. Так, например, исследования, проведенные на современных компрессорных станциях, показали, что длительное воздействие шума вызывает различные нарушения в организме человека, что приводит к профессиональным заболеваниям, общей и профессиональной нетрудоспособности. В частности, практически невозможно разговаривать, когда уровень шума на КС превышает 100 дБ. В местах проживания людей шум оказывает влияние на них даже на расстоянии 2-3 км от КС.

Шум нарушает среду обитания диких животных, птиц и рыб. Создавая неблагоприятные условия обитания диких животных, он распугивает зверей и заставляет их покидать насиженные места. Шум отрицательно влияет на структуру популяций, являясь одной из причин переуплотнения новых мест обитания и снижения продуктивности охотоугодий.

Уровни шума, генерируемого технологическим и вспомогательным оборудованием, не должны превышать величин, установленных ГОСТ 12.1.008-76. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 предельно допустимый уровень шума на рабочих местах, в жилых помещениях, общественных зданиях и на территории жилой застройки должен составлять не более 80 дБ.

Обеспечение допустимых уровней звукового давления и уровней шума на площадках скважин и на рабочих местах осуществляется соблюдением требований СНиП 11-12-77 «Защита от шума». Насосное оборудование и приводная арматура должны быть приняты в эксплуатацию с учетом мероприятий по защите от шума в соответствии с ГОСТ 12.1.003-76.

Вибрация, так же как и шум, должна быть нормирована с учетом степени тяжести и напряженности труда и не превышать санитарно-гигиенических норм. Защита работающих от производственного шума и вибраций достигается, в основном, подбором соответствующего технологического оборудования. В некоторых видах оборудования предусмотрены устройства по снижению вредного влияния вибрации на работу других механизмов и обслуживающего персонала. Например, применение пневмокомпенсатора на буровом насосе позволяет снизить пульсацию промывочной жидкости, прокачиваемой по циркуляционной системе БУ. Предусматривается также защита работников от вибрации, например, виброплощадка под бурильщиком защищает его от действия окружающей вибрации.

Оборудование должно быть установлено и отцентрировано таким образом, чтобы уровень вибрации от работающего оборудования не превышал значений, установленных ГОСТ 12.4.012-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96.

К мероприятиям, направленным на обеспечение защиты работающих людей от воздействия шума и вибрации, относятся:

- применение сертифицированного оборудования, снабженного глушителями, защитными кожухами и виброизоляторами;



#### Экология нефтегазового производства

- применение глушителя шума от выхлопа ключа АКБ- 3М2;
- использование звукопоглощающих кожухов клапанов-разрядников системы управления буровой лебедкой;
- установка приводных и исполнительных механизмов в закрытые помещения;
- создание хорошей звукоизоляции;
- установка звукоотражающих экранов;
- недопущение громкоговорящей связи и sireны (исключение составляют аварийные ситуации);
- систематическое снижение шума, вибрации, термического влияния (особенно при работе оборудования в условиях вечной мерзлоты);
- насаждение лесопосадок и кустарников.

### 2.15. НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА

Мировой океан занимает обширную территорию планеты (в 2,5 раза больше площади суши) и дает около половины кислорода, необходимого для жизни на Земле.

Несмотря на колоссальный объем морской воды и способность ее самоочищаться, Мировой океан загрязнен, и загрязнение происходит постоянно. Моря и океаны планеты представляют собой единый организм. И если одно море загрязнено, то это неизбежно скажется и на другом море. Так, извечно чистые океанические воды, омывающие Южный полюс, подверглись загрязнению веществами, которые попали сюда из северной части земного шара. Загрязнение морей и океанов нарастает и постоянно угрожает здоровью человека, сигнализируя о грозящей глобальной экологической катастрофе.

В ближайшее время не предвидится коренного изменения положения с загрязнением морских вод Мирового океана.

#### 2.15.1. Общая характеристика морских загрязнений

Морская нефтегазодобыча, в отличие от сухопутной, имеет следующие особенности:

- ограниченное жизненное пространство для производственных процессов и работы членов бригад;



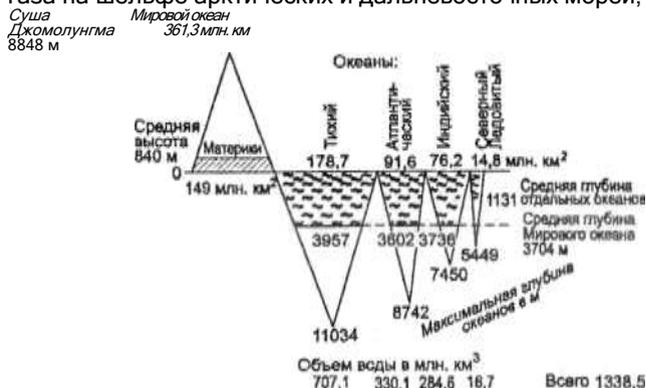
Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

- тщательный сбор и переработка отходов бурения в морских условиях; захоронение «чистых» отходов в морской воде;
- затруднительная локализация и сбор разлитых нефтепродуктов на поверхности воды;
- волнение моря (качка);
- трудоемкая очистка и сбор разлитой нефти на побережье морей;
- повышенный уровень гибели морских птиц и обитателей морей от разливов нефти.

На рис. 2.67 изображены различия условий добычи нефти и газа на суше и море.

Основные потенциальные запасы углеводородного сырья на нашей планете сосредоточены на континентальном шельфе (прибрежный участок моря глубиной до 200 м). Россия располагает морским шельфом общей площадью более 6 млн км<sup>2</sup> (26% мировых пришельфовых зон), из них около 4,2 млн км<sup>2</sup> являются перспективными на нефть и газ. Начальные извлекаемые энергетические ресурсы шельфа оцениваются в количестве около 100 млрд т условного топлива (в пересчете на нефть), из них около 80% сосредоточено в Арктике. Открыто 18 нефтяных месторождений, 36 газовых и 18 газоконденсатных.

Мировая тенденция постепенного смещения добычи углеводородов с суши на море находит подтверждение и в нашей стране. Свидетельством тому является развитие добычи нефти и газа на шельфе арктических и дальневосточных морей,



в Каспийском и Черном морях. Так, например, основными шельфовыми проектами ЗАО «Севморнефтегаз» являются

Рис. 2.67. Условия добычи нефти и газа на суше и на море

Приразломное нефтяное месторождение в Печорском и Штокмановское газоконденсатное месторождение в Баренцевом морях. Разведанные и подтвержденные балансовые запасы Приразломного месторождения составляют более 230 млн т нефти, Штокмановского месторождения (крупнейшего в мире) - около 3,2 трлн м<sup>3</sup> газа и 30 млн т газового конденсата.

Ежегодно в Мировой океан по тем или иным причинам сбрасывается от 2 до 10 млн т. нефти. Поскольку 1 тонна нефти, растекаясь по поверхности океана, занимает площадь 12 км<sup>2</sup>, Мировой океан уже давно покрыт тонкой пленкой. Аэрофотосъемкой со спутников зафиксировано, что уже почти 30% поверхности океана покрыто нефтяной пленкой. Особенно загрязнены воды Средиземного моря, Атлантического океана и их берега.

Сегодня назревает кризис в районе Балтийского моря. Обширные песчаные пляжи, дюны, крупные скалистые берега, внезапно обрывающиеся к воде, поросшие хвойным лесом маленькие острова, словно с каким-то тайным смыслом разбросанные по воде... Сказочно красиво - это все Балтика. Но сколько осталось жить такой красоте? В бассейне Балтийского моря расположены крупные города и промышленные центры, торговые и рыбные морские порты, нефтеналивные причалы. Ежегодное загрязнение Балтийского моря нефтепродуктами оценивается более чем в полмиллиона тонн. Сильное загрязнение Балтики вызвало беспокойство во всех прибалтийских странах. Такое загрязнение не имеет границ, и борьба с ним не может быть делом рук только одного государства. Поэтому проблема вышла на уровень международного технического сотрудничества. В Балтийское море непрерывно поступает огромное количество отходов. Реки, впадающие в него, собирают эти отходы практически со всей северной Европы. Города, расположенные на балтийском побережье, сбрасывают свои стоки непосредственно в море. Удивительно - есть проблема, касающаяся стран Балтики, и одновременно равнодушное отношение их к возникшей проблеме.

Источников поступления нефти в моря и океаны довольно много. Загрязнение континентальных и океанических вод углеводородами является в настоящее время одним из основных видов загрязнения гидросферы современным цивилизованным

обществом. Углеродородное загрязнение возникает в результате многих факторов, связанных с добычей нефти, ее транспортировкой танкерами и использованием нефтепродуктов в качестве топлива и смазочных материалов. Основными источниками разливов нефти являются аварии танкеров, перевозящих нефть и нефтепродукты, грузовые операции на нефтяных терминалах (разрыв шлангов, поломки грузовых устройств, переливы танков, повреждение танков при швартовых операциях), незаконные эксплуатационные сбросы с судов нефтесодержащих отходов и аварии на морских буровых платформах.

Детальные статистические данные, взятые из отчета Национальной академии наук в Вашингтоне, приведены в табл. 2.20.

Из таблицы следует, что основная доля загрязнений приходится на морские перевозки нефти танкерным флотом. Это и не удивительно, так как основные нефтедобывающие районы расположены на значительном расстоянии от многочисленных районов потребления и переработки нефти. По морю ежегодно транспортируется более 1 млрд т нефти. Сюда же можно отнести аварии с торговыми, военными и пассажирскими судами. Второе место значимости занимают загрязнения морей путем выноса реками жидких нефтепродуктов, попавших в водостоки различными способами.

Таблица 2.20

**Источники загрязнения нефтью Мирового океана**

Источник загрязнения	Общее количество, млн т/год	Доля, %
Транспортные перевозки, в т.ч.:	2,13	34,9
— обычные перевозки	1,83	30,0
- катастрофы	0,3	4,9
Вынос реками	1,9	31,1
Попадание из атмосферы	0,6	9,8
Природные источники	0,6	9,8
Промышленные отходы	0,3	4,9
Городские отходы	0,3	4,9
Отходы прибрежных нефтеочистительных заводов	0,2	4,3
Добыча нефти в открытом море, в т.ч.:	0,08	1,3
- обычные операции	0,02	0,3
- аварии	0,06	1,0
Итого:	6,11	100

Ежегодно в атмосферу в результате сжигания нефти в процессе нефтепереработки выбрасывается 68 млн т углеводородов.

#### Экология нефтегазового производства

Большая их часть преобразуется под действием солнечного света, и около 4 млн т оседает, в том числе и на морскую поверхность.

### **2.15.2. Загрязнение морских вод при бурении скважин**

Бурение скважин на море с морских платформ диктует дополнительные требования к методам и техническим средствам по предотвращению загрязнений места расположения платформ. При строительстве морских скважин основными видами воздействия на ОС являются выбросы в атмосферу, сбросы в морскую среду, ее тепловые и шумовые загрязнения.

С целью предотвращения загрязнения нефтью и нефтепродуктами любой сброс нефтесодержащих отходов в исключительной экономической зоне РФ запрещен. В территориальных водах РФ запрещено сбрасывать мусор (изделия из бумаги, ветошь, стекло, металл, бутылки, черепки), сепарационные, обшивочные и упаковочные материалы, пищевые отходы, буровые растворы, содержащие нефть. Нельзя сливать в морскую воду сточные воды, если они содержат:

- вредные вещества, сброс которых запрещается или ПДК которых превышают установленные нормы;
- возбудителей заболеваний;
- вещества, для которых не утверждены ПДК;
- ценные отходы, которые могут быть утилизированы предприятиями.

Запрещено сбрасывать очищенные производственные, бытовые сточные и дренажные воды:

- в местах, содержащих природные лечебные ресурсы;
- в местах, отнесенных к особо охраняемым или объявленным заповедными в порядке, установленном законодательством;
- в местах туризма, спорта и массового отдыха населения; в границах прибрежных районов водопользования.

В северных и арктических районах при бурении скважин разлитая нефть может взаимодействовать со льдом, который способен поглощать ее в количествах до одной четверти от

своей массы. Лед, насыщенный нефтью, может при дрейфовании и таянии стать источником загрязнения любого района океана.

В нашей стране имеется серьезный производственный потенциал отечественных судостроительных предприятий: «Севмашпредприятие» и «Звездочка» (г. Северодвинск), «Адмиралтейские верфи» (г. Санкт-Петербург), «Амурский судостроительный завод» (г. Комсомольск-на-Амуре), «Даль-промсудшельф» (г. Находка, порт Восточный), «Астраханский корабел», завод «Лотос» (г. Астрахань). При модернизации предприятий, выводе их на мировой уровень можно обеспечить выпуск современных морских сооружений для морской нефтегазодобычи даже в арктических условиях.

Бурение скважин на море производится с МСП, СПБУ и ППБУ.

На рис. 2.68 показан общий вид МСП.

Для исключения попадания в море загрязнителей в процессе бурения с МСП предусмотрены следующие мероприятия и конструктивные решения по охране морской среды:

- по всей площади платформы предусматривается устройство герметичного металлического настила из рифленой стали толщиной 8 мм с отбортовкой по периметру на высоту 150 мм;
- на площадке для хранения химреагентов по периметру устраивается стенка высотой 700 мм и накрывается влагонепроницаемым материалом;



Рис. 2.68. Морская стационарная платформа

- предусматривается закрытое хранение на платформе сыпучих материалов в блоках хранения;

- в подвышенном постаменте, в местах интенсивного загрязнения, под настилом устанавливаются ванны; все стоки, образованные при СПО и других работах, должны поступать в указанные ванны, затем по общему коллектору отправляться в емкости по сбору сточных вод;

- подроторная рама выполняется с ванной, из которой промывочный раствор поступает в разъемную воронку, а стоки - по коллектору в емкость;

- в насосной части платформы стоки, образованные при замене втулок и поршней буровых насосов (а также для случая охлаждения водой штоков насосов), через систему желобов открытого типа должны поступать в емкости по сбору стоков;

- для сбора отработанных масел буровых насосов, коробок скоростей, дизельных агрегатов и другого оборудования на платформе устанавливаются две емкости, из которых одна под подвышенным постаментом непосредственно на настиле, а вторая в насосном сарае под настилом;

отработанные масла по мере накопления перекачивают на специальные суда и вывозят на береговые нефтебазы для регенерации;

- лишний объем промывочной жидкости, образованный в процессе бурения скважин, перевозят специально оборудованными судами на соседние буровые или береговые базы для хранения, обработки и повторного использования;

- для сбора шлама под виброситом устанавливаются два



Рис. 2.69. Общий вид эстакады



Рис. 2.70. Самоподъемная буровая установка

контейнера объемом 3,25 м<sup>3</sup>; контейнеры по мере наполнения шламом посредством крановых судов вывозят на береговые причалы, а затем автотранспортом на береговые шламо-отвалы или на регенерацию;

- сточные воды должны перекачиваться на суда-сборщики и затем доставляться на очистные сооружения для биологической очистки;

- коллекторы выхлопных дизельных двигателей оборудуются устройствами для очистки выхлопных газов от сажи и масла;

контроль за поступлением газа из скважины следует определять газоанализатором «Анкат 7631 М», одобренным Российским морским регистром судоходства для морских нужд.

Кроме того, для обеспечения условий безопасности и охраны морской среды на платформе предусматриваются: запас глинистого раствора не менее двух объемов скважины, дежурство пожарного корабля, представителей районной военизированной части по предупреждению возникновения и ликвидации открытых газовых и нефтяных фонтанов. Категорически воспрещается проведение работ по опробованию скважин в ночное время суток и в неблагоприятных погодных условиях.

При наличии эстакады (рис. 2.69), связывающей МСП с побережьем, многие технологические операции по предупреждению загрязнений морской воды упрощаются.

Для предотвращения загрязнения морских вод при бурении с СПБУ (рис. 2.70) и ППБУ (рис. 2.71) необходимо выдержать следующие требования:

- производственно-дождевые, сточные воды после механической очистки должны использоваться в оборотной системе водоснабжения морской платформы для технических нужд;
- водозаборы морской воды должны быть оборудованы устройствами, конструкция которых определяется гидрологическими условиями и биологическими особенностями защищаемых объектов и согласовывается с органами рыбоохраны;
- при монтаже бурового оборудования, обвязке устья скважин, коммуникаций должна быть обеспечена полная гидроизоляция площадок под вышечное лебедочным, силовым, насосным блоками, циркуляционной системой, блоками приготовления раствора и дозирования химреагентов, а также обеспечена система сбора в герметичные емкости;
- перед освоением скважина должна оборудоваться герметичным устьевым устройством, установкой сбора и ликвидации продукции опробования, включающей сепаратор, приспособление для сжигания газа, горелку, обеспечивающую



Рис. 2.71. Полупогружная буровая установка





бездымное сжигание жидкой продукции опробования с содержанием воды не менее 30%;

при освоении скважины с ожидаемым аномально высоким пластовым давлением НКТ должны опускаться с забойным отсекателем и соответствующим пакером;

- при вскрытии продуктивного пласта, содержащего сероводород, должны использоваться специальные реагенты-нейтрализаторы, а также буровые растворы, обладающие высокой нейтрализующей способностью;

- для предотвращения загрязнения морской воды пластовыми водами обязательно применение заколонных пакеров, центраторов, герметизирующих смазок, герметичных резьбовых соединений обсадных колонн;

- поставка и хранение на платформе ГСМ должны производиться в герметичных емкостях, подача топлива в двигатели осуществляться по герметичному трубопроводу;

- при работе в зимний период в условиях минусовых температур очистные установки должны обогреваться для исключения замораживания и размораживания жидкостей;

- на морской буровой платформе должна функционировать установка автоматизированной контрольно-предупредительной системы безопасности и контроля над загрязнением морских вод, обеспечивающая контроль над технологическими операциями, нарушение которых может привести к загрязнению ОС.

На рис. 2.72 показано БС, предназначенное для бурения разведочных и поисковых скважин в отдаленных районах, куда

12-2124



транспортировать ПБУ нецелесообразно.

Экология нефтегазового производства

БС могут работать на глубинах моря от 100 до 6000 м. Большие запасы (до 100 дней работы) обеспечивают бурение нескольких скважин, а большая скорость передвижения (до 24 км/ч) - быструю их перебазировку с законченной бурением скважины на новую точку.

Правила захоронения и сброса в морскую среду различных веществ и отходов регулируются постановлениями Правительства России, ведомственными нормативными актами. Загрязнение морской среды, приводящее к уничтожению, истощению, сокращению или заболеванию живых ресурсов моря, наказывается штрафом в размере от 200 до 500 минимальных оплат труда.

### 2.15.3. Обезвреживание буровых отходов

Процесс бурения скважин с морских платформ сопровождается образованием производственных (технологических) отходов - БШ, отработанных буровых технологических жидкостей, БСВ, технологических отходов испытания скважины. Отработанные буровые технологические жидкости - это ОБР, буферные и перфорационные жидкости. Наибольший объем представляют ОБР, так как кроме объема промывочной жидкости на момент окончания бурения скважины может образоваться избыток жидкости за счет наработки в глинистых отложениях при замене одного типа промывочной жидкости на другой. БСВ образуются при обмыве буровой площадки, бурового оборудования, из систем охлаждения оборудования и агрегатов. Технологические отходы испытания скважины - это отработанные жидкости для вызова притока и глушения скважины, а также флюиды (пластовая вода, нефть, газ), полученные в процессе испытания. Газ, выходящий из скважины, сжигается в факеле.

Шлам и вся совокупность жидкостей, используемых для технологических процессов, в конечном счете, представляют собой буровые отходы. Для выполнения требования экологического законодательства циркуляционная система БУ должна быть организована по замкнутому циклу. Для этого на первом этапе под направление на устье скважины устанавливается водоотделяющая колонна, внутри которой далее бурение ведут по замкнутому циклу циркуляции. При бурении скважин на Сахалинском шельфе и в Каспийском море применяется способ бурения под направление без создания замкнутой системы циркуляции. В этом случае отработанная промывочная жидкость и буровой шлам при бурении под направление (примерно 50-100 м) сбрасываются в морскую среду.

Экологическое законодательство крайне противоречиво в отношении регулирования загрязнения морской среды. Его

основные требования по охране качества водной среды, изложенные в Водном кодексе РФ, сводятся к запрещению сброса в водные объекты неочищенных в соответствии с установленными нормами сточных вод, в том числе содержащих вещества, для которых не установлены ПДК. Полный запрет на сброс даже очищенных сточных вод устанавливается в целях охраны от загрязнения и других негативных последствий хозяйственной деятельности морских акваторий, имеющих особую рыбохозяйственную ценность, - нереста и зимовки ценных охраняемых видов рыб, а также мест обитания занесенных в Красную книгу видов животных и растений.

Вместе с тем федеральные органы Государственной экологической экспертизы не считают сброс технологических отходов бурения нарушением законодательства, так как в соответствии с федеральными законами «О континентальном шельфе Российской Федерации» и «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации» при определенных условиях возможно захоронение (дампинг) отходов и других материалов на континентальном шельфе (во внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне РФ).

При бурении на шельфе Сахалина компанией «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.» эксплуатационных скважин предполагается сброс 60000 м<sup>3</sup> бурового раствора и 15000 м<sup>3</sup> шлама с одной платформы в год и приблизительно 640 м<sup>3</sup> пластовой воды в сутки (с учетом полного срока освоения каждого месторождения). На отдельных платформах объем сбрасываемой пластовой воды может достигать 20000 м<sup>3</sup> в сутки (заклучение ГЭЭ по проекту «Сахалин-1», 1994 г.). На Пильтун-Астохском месторождении за двухлетний период первого этапа эксплуатационного бурения в море уже сбро-

шено 70000 м<sup>3</sup> буровых отходов. Такие объемы отходов обуславливают мощное техногенное воздействие на природную среду.

В США разработаны и действуют правила безопасного сброса отходов бурения в морскую среду. Сбросу подлежит лишь буровой раствор или шлам, не представляющий опасности для флоры и фауны. По степени токсичности и опасности все буровые растворы разделяются на 8 категорий, для каждой из которых определен допустимый режим сброса. Отходы бурения, не удовлетворяющие требованиям ни одной из категорий опасности, сбрасывать запрещается. Аналогичные требования имеются и в экологическом законодательстве и иных нормативных правовых актах РФ.

Для обезвреживания буровых отходов применяются различные методы применительно к морским условиям. Для морского бурения применяется контейнерный способ сбора и хранения шлама, бурового раствора, сточных вод, ГСМ. По мере надобности буровые отходы могут быть транспортированы на берег для утилизации. «Во всем мире отработанный буровой шлам выбрасывается в море. Мы переправляли его на берег в специальное шламохранилище. Чистота возле наших платформ была такая, что вода вокруг них кишела рыбой. А это - самый объективный показатель здоровой экологии в море», - это выдержка из интервью с начальником Управления техники и технологии разработки морских месторождений ОАО «Газпром» В.С. Вовком.

Наиболее перспективные методы снижения токсичности и нейтрализации токсичных органических веществ в буровом шламе - окисление, гидрофобизация, экстракция и термическая обработка.

*Окисление.* Известно, что при окислении органических соединений образуются органические кислоты, которые можно отнести к сравнительно малотоксичным веществам. В водах они разлагаются или, соединяясь с ионами Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, образуют нерастворимые соли. Наиболее легко окисляются вещества, способные в воде диссоциировать на ионы. Труднее всего разрушаются вещества на основе бензола.

Одним из эффективных окислителей для обезвреживания отдельных химических реагентов и пар реагентов (стабилизатор - понизитель вязкости), адсорбированных на буровом шламе, является перекись водорода. При обработке

#### Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

бурового шлама растворами перекиси водорода различной концентрации окисляемость реагентов протекает в следующем порядке: УЩР - КССБ - КМЦ. Наибольшему окислению подвергается пара реагентов УЩР + нитролигнин (до 40%), хуже УЩР + ВУН (до 15%).

С ростом концентрации перекиси от 5 до 25% происходит разложение до 60-65% органики. Оптимальная концентрация перекиси - 15-20%. Процесс окисления - не более 2 ч. Рекомендуется в раствор добавлять небольшое количество перманганата калия, способствующего более глубокому окислению. Совместное действие двух окислителей при концентрации перекиси водорода 10-15% и добавках 0,05-0,20% перманганата калия позволяет довести эффективность обезвреживания шлама до 95-98%.

*Гидрофобизация.* Применение гидрофобизации для обезвреживания бурового шлама значительно снижает диффузию токсичных водорастворимых компонентов шлама в воде. При этом также несколько уменьшается количество мути, создаваемой мелкодисперсными частицами выбуренной породы.

Гидрофобизация бурового шлама осуществляется с помощью гидрофобных органических соединений или водорастворимых высокомолекулярных веществ. В качестве гидрофобизирующего вещества применяют малотоксичный реагент СП-1, а для высаливания полимера из раствора - растворы солей и кислот.

После гидрофобизации шлама количество органических веществ, диффундировавших в воду, значительно уменьшается. Наилучшие результаты достигаются при использовании в качестве электролита хлористого кальция - в воде остается органики в среднем 2 мг/л. После такой обработки токсичность бурового шлама снижается в 70-80 раз.

*Экстракция.* Обработка шламов, загрязненных нефтью, проводится органическими растворителями. Обезвреживание шлама проводится, как правило, многократно. Так, для очистки бурового шлама фирма «Дрексел» (Великобритания) использует модифицированные модули «Брандт» и модуль увеличенного размера, который позволяет одновременно очищать буровой шлам, загрязненный промывочной жидкостью на нефтяной основе, и обрабатывать дренажную систему платформы. Очистка при этом производится трехступенчатой промывкой различными растворителями в полностью закрытой системе (рис. 2.73).

Обезвреживание шлама происходит по следующей схеме. После обработки на виброгрохоте с ситами Swaco шлам поступает в прямоток, где смешивается с небольшим количеством

#### Экология нефтегазового производства

дегазированного бурового раствора. Отсюда смесь перекачивается в две центрифуги. Жидкий продукт из центрифуги представляет собой буровой раствор и может быть использован снова. Осадок попадает в промывочный резервуар, где мелкие обломки выбуренной породы перемешиваются с растворителем и поступают в центрифугу для полной сушки и удаления мельчайших частиц выбуренной породы. Очищенный растворитель возвращается в промывочный резервуар, а высушенные твердые отходы, содержащие нефть, промываются водой. Полученная водонефтяная смесь поступает в сепаратор «нефть - вода». Затем нефть подается в накопительный резервуар, а шлам и морская вода из сепаратора сбрасываются в кессон.

*Термическая обработка.* Метод термообработки бурового шлама наиболее целесообразен и технически доступен. Сущность его заключается в том, что органические вещества полностью сгорают при высокой температуре. С повышением температуры до 600 °С количество органических веществ через 30 минут снижается практически до нуля, независимо от их исходного содержания. Основная масса сгорает при температуре 300-500 °С. Полученный обожженный буровой шлам незначительно влияет на гидрохимический состав морской воды.

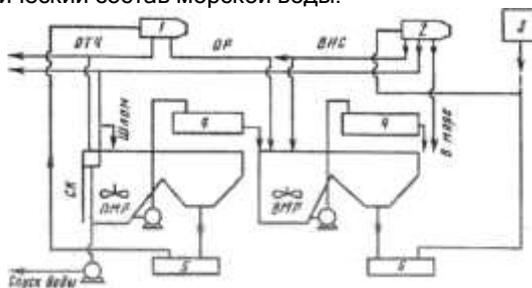


Рис. 2.73. Схема очистки бурового шлама:

ОР - очищенные твердые частицы; ОР - очищенный растворитель; ВНС - водонефтяной сепаратор; СК - соляная кислота; ПМР - первичный моечный раствор; ВМР - вторичный моечный раствор; 1 - двухфазная центрифуга; 2 - трехфазная центрифуга; 3 - дренаж; 4 - вибро-сито; 5 - насос

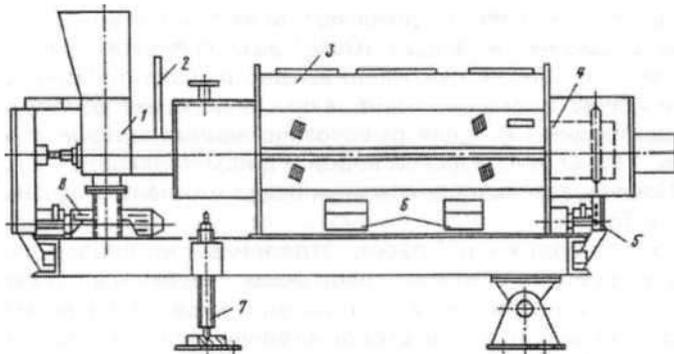


Рис. 2.74. Агрегат нейтрализации бурового шлама:

1 - механизм загрузки; 2 - патрубок отвода паров и газов; 3 - кожух; 4 - барабан; 5 - привод вращения барабана; 6 - коробки клеммные; 7 - винты регулирования положения печи; 8 - привод вращения барабана

Для термообработки шлама применяют агрегат нейтрализации СБОУ-6.25/6-И1 (барабанная электропечь), разработанный НИПИ «Гипроморнефтегаз» (рис. 2.74).

Основные характеристики агрегата: производительность - 0,35 т/ч; температура в печи - 600 °С; удельный расход электроэнергии - 0,256 кВт-ч/кг; масса - 4,6 т.

Технология термообработки обеспечивает полную нейтрализацию токсичных примесей в буровом шламе и исключает отрицательное влияние на морскую среду и ее обитателей.

Известна двухкамерная печь для прокаливания шлама с целью выжигания углеводородов (фирма West Group Int.). Установка экономична, используется как в сухопутных, так и в морских условиях.

Обезвреживание нефтесодержащего пластового песка производится отмывкой его моющими растворами ПАВ, не оказывающими отрицательного воздействия на морские организмы животного и растительного происхождения и обладающими диспергирующей и стабилизирующей способностью. Всеми этими свойствами обладает реагент СП-1.

Реагент СП-1 создан на основе сополимера «Стиромаль», который переводят в водорастворимое состояние, обрабатывая его раствором кальцинированной соды таким образом, чтобы готовый продукт представлял собой 10-12%-й раствор натриевой соли сополимера. Кроме того, СП-1 не дает осадка в пластовых водах.

Для отмывки песка применяют также реагент WF-19 производства фирмы «Петролайт» (США), но он очень токсичен, тогда как реагент СП-1 не оказывает вредного воздействия на флору и фауну моря. Рекомендованы следующие безвредные концентрации СП-1 для рыбохозяйственных водоемов: пресных - 60 мг/л, с морской водой - 540 мг/л.

Последовательность отмывки песка от нефти показана на рис. 2.75.

Нефте содержащий песок, отделенный на первой ступени гидроциклонов от пластовой воды, подается в приемную емкость с промывочным раствором, откуда поступает в гидроциклонные аппараты второй ступени, где происходит отмывка его от нефти. Промывочный раствор с верхнего слива гидроциклонных аппаратов возвращается в емкость для повторного использования, а обезвреженный песок с нижних сливов гидроциклонов по наклонному желобу может быть сброшен в море. Оптимальное содержание СП-1 в промывочном растворе - 0,01-0,09% (в пересчете на сухое вещество).

Очистка бурового раствора проводится известными способами (см. п. 2.12.3). При этом к качеству и очистке раствора предъявляются повышенные требования. Важен также конт-

На ВОИ

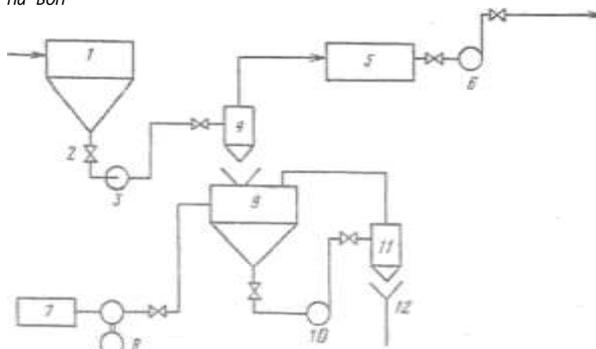


Рис. 2.75. Технологическая схема отмывки пластового песка от нефти реагентом СП-1:

- 1 - отстойник; 2 - задвижка; 3 - насос для подачи песка; 4 - гидроциклон первой ступени очистки; 5 - емкость для очищенной воды; 6 - насос для откачки воды на водоочистную установку (ВОУ); 7 - емкость для реагента СП-1; 8 - насос дозаторный; 9 - емкость для промывочной жидкости; 10 - насос; 11 - гидроциклон второй ступени очистки; 12 - свая-ловушка

роль над технологическим процессом циркуляции бурового раствора и работоспособностью технического оборудования и их обвязки.

В производственных условиях большое значение имеет многократное использование сточных вод. Это позволяет уменьшить водозабор и сброс сточных вод в море и тем самым снизить вероятность его загрязнения. Очистка позволяет многократно (до 10 раз) использовать сточные воды с последующей очисткой после каждого цикла.

Наиболее распространенный метод очистки вод от грубодисперсных и коллоидных загрязнений - обработка их коагулянтами. В качестве коагулянтов используют соли алюминия, железа или их смеси. Для очистки буровых сточных вод от механических примесей применяют соли полимера малеинового ангидрида со стиролом, которые в присутствии электролита выделяются из раствора в виде хлопьев.

Для очистки БСВ рекомендуется применять коагулянт Na-СП. После обработки бурового состава этим коагулянтами в количестве 100, 200 и 500 мг/л (в пересчете на сухое вещество) за время отстоя (от 1 до 4 ч) содержание механических примесей в очищаемой воде значительно уменьшается. При добавке в чистую морскую воду, содержащую 220 мг/л КССБ, коагулянта Na-СП (50 мг/л) происходит полная адсорбция КССБ образовавшимися хлопьями. В результате вода обесцвечивается.

Один из методов интенсификации процесса коагуляции - флокуляция. Флокулянты - это неорганические или органические высокомолекулярные соединения. Из неорганических соединений широко используются активные кремнекислоты, а из органических - природные и синтетические высокомолекулярные вещества, в том числе полиакрилы и их сополимеры, например полиакриламид (ПАА). Даже небольшие дозировки ПАА позволяют повысить степень обесцвечивания и обеззараживания вод. При очистке мутных вод, особенно содержащих грубодисперсную известь, применение ПАА дает возможность снизить расход коагулянта.

Оптимальное количество коагулянтов - 100-150 мг/л (при соотношении Na-СП и ПАА 10:1) - позволяет снизить концентрацию механических примесей в водах с 10000-30000 до 22-23 мг/л. Эффективность процесса достигает 99,3%. Для глубокой очистки БСВ на платформе применяют электрокоагуляцию.

На рис. 2.76 изображена схема комплексной очистки БСВ с применением коагуляции и напорной флотации.

Процесс очистки происходит следующим образом. БСВ

#### Экология нефтегазового производства

поступают в безнапорный гидроциклон 1, расположенный в емкости с коническим дном 2, где крупные частицы осаждаются, а нефтепродукты и легкие примеси всплывают. Осветленная вода из отстойной камеры направляется в центральную часть камеры коагуляции 12, где смешивается с раствором коагулянта, поступающим из дозаторной емкости 3.

В качестве коагулянта используется серноокислый алюминий. Расход коагулянта (300-800 мг/л) зависит от степени загрязненности исходной жидкости. В емкости 12 через 1-2 мин после добавления коагулянта начинается хлопьеобразование. Скоагулированная вода направляется далее в приемный отсек флотатора 5, состоящего из двух камер, съемника пены 4, приемного кармана для сбора очищенной воды. Далее чистая вода поступает в сборник 10, откуда насосом распределяется по буровой.

Всплывающие примеси из емкости 1, 12 и 5 сбрасываются в пеносборник 11. Осадок из отстойника, камеры коагуляции и флотатора поступает в емкость 13 и далее после отстаивания - в обезвоживатель 14 и шламонакопитель 15. Отстоявшаяся вода из емкости 13 насосом подается обратно на вход гидроциклона. В схему включены также насосный агрегат 9, эжектор 8, напорный бак 7, диафрагма 6.

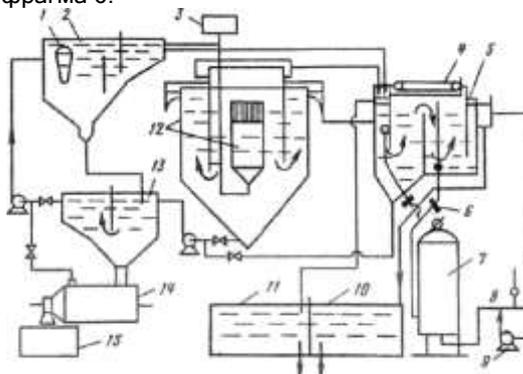
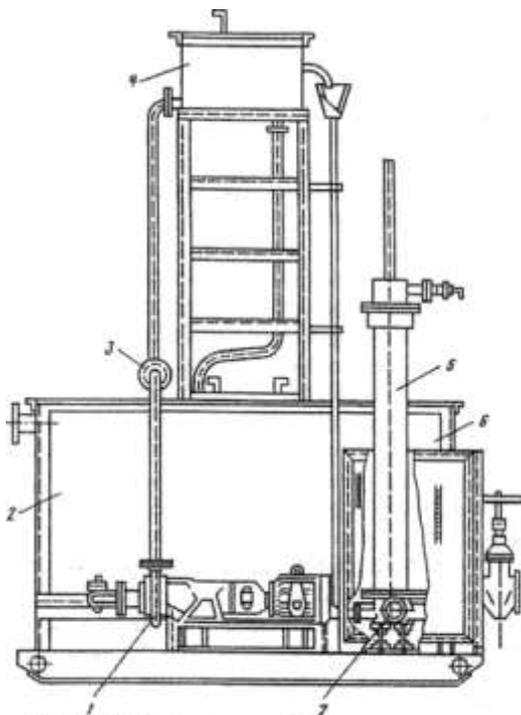


Рис. 2.76. Схема комплексной установки очистки БСВ:  
1 - гидроциклон; 2, 3, 12, 13 - емкость; 4 - съемник; 5 - флотатор; 6 - диафрагма; 7 - бак напорный; 8 - эжектор; 9 - агрегат насосный; 10 - сборник; 11 - пеносборник; 14 - обезвоживатель; 15 - шламонакопитель



**Рис. 2.77. Установка по обезвреживанию вод:**  
1 - насос; 2 - емкость приемная; 3 - генератор жидкостной; 4 - емкость-дозатор; 5 - электролизер; 6 - емкость; 7 - поддон

Обезвреживание хозяйственных вод на МСП производится на установке УОХС-1, разработанной НИПИ «Гипроморнефтегаз» (рис. 2.77).

Производительность установки 2,0 м<sup>3</sup>/сут, объем приемной емкости 1,0 м<sup>3</sup>, габариты 1670-2580-3950 мм, масса 1240 кг. УОХС-1 работает следующим образом. В приемную емкость 2, куда поступают хозяйственные сточные воды, добавляется чистая морская вода (20-30%), что способствует более интенсивному протеканию процесса электролиза. Затем сточные воды фекальным насосом 1 откачиваются через жидкостный генератор 3 в емкость-дозатор 4. В жидкостном генераторе более крупные частицы (до 1,0 мм) растворяются в сточной воде. Из емкости-дозатора сточные воды самотеком поступают в поддон 7 и входящим потоком снизу вверх засыпаются магнетитовой рудой

#### Экология нефтегазового производства

электролизера 5. С подключением постоянного тока начинается процесс электролиза. Загрязнители, содержащиеся в сточных водах, под воздействием атомарного кислорода и хлористых соединений обесцвечиваются. Полученная в результате электролиза жидкость направляется в емкость 6 и после 30-45-минутного отстоя сливается в море.

После окончания буровых работ на скважине промывочные жидкости отделяют от нефтяных добавок в сепараторе и проверяют отдельные химические реагенты на ПДК. Жидкость используется для бурения последующих скважин или сливается в море. В случае превышения ПДК сброс промывочных жидкостей запрещается. При небольших объемах загрязненной промывочной жидкости ее сжигают вместе со шламом. Отсепарированные нефтяные остатки и нефтесодержащая ветошь подлежат уничтожению на судне в установках для сжигания судовых отходов или сдаче на берег, о чем делается соответствующая запись в журнале операций с мусором.

#### **2.15.4. Загрязнения при добыче нефти**

Одним из элементов загрязнения моря нефтью является природное поступление ее с морского дна из нефтяных месторождений, находящихся под морем (см. табл. 2.20). По распространённой теории, нефть зародилась в море за счет возникновения и гибели мириадов мельчайших морских организмов - диатомей, подобных современным планктонам. Остатки диатомей, осевших на дно, были погребены позднейшими геологическими осадочными отложениями. За миллионы лет под высокой температурой и давлением горных пород, без доступа кислорода, под воздействием каких-то реакций в этих местах образовались нефтяные месторождения. Сейчас как бы дитя угрожает жизни матери.

Для некоторых районов планеты характерны естественные выходы нефти на поверхность земли. Один из береговых пунктов в Южной Калифорнии, например, был назван по этому признаку Нефтяным мысом. Такие выходы обычны для Ка-рибского моря, Мексиканского и Персидского заливов. Природные источники нефти зафиксированы у берегов Австралии, Канады, Мексики, Венесуэлы. На одном из участков дна Калифорнийского залива, в проливе Санта-Барбара уже многие века в море ежегодно просачивается из трещин и расщелин в морском дне 3000 т нефти. Впервые этот процесс был зарегистрирован в 1793 г. английским мореплавателем Д. Ванкувером. По оценкам ученых США, годовое

## Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

поступление нефти в Мировой океан при естественном просачивании составляет от 200 тыс. т до 2 млн т.

Несмотря на систематические поступления нефти с морского дна (приблизительно 10% от общего нефтяного загрязнения), загрязнения моря и берегов не наблюдается. Сравнительно быстрое поглощение нефти объясняется несколькими причинами. Природные поступления нефти происходят небольшими порциями. Нефть испаряется. Бензин полностью испаряется с поверхности воды за шесть часов. За сутки испаряется не менее 10% сырой нефти, примерно за 20 дней - 50%. Но более тяжелые нефтепродукты почти не испаряются. Нефть эмульгируется и диспергируется, то есть разбивается на мелкие капельки. Волнение моря способствует образованию эмульсии нефти в воде и воды в нефти. Кроме того, российские ученые установили, что некоторые жители морей вовсе не страдают от нефтяного загрязнения. В Каспии, например, живет моллюск кардиум. Это крошечное существо, получившее свое название за сердцевидную форму раковинки, играет важную роль в очистке морской воды, добывая себе таким образом и пищу, и кислород для дыхания. Если бы подобными способностями мог обладать человек, то он должен был бы пропускать через себя более 200 т воды в год. Природа «планирует» необходимость очистки морей и океанов.

Более серьезные загрязнения морей и их прибрежных зон происходят при разработке пришельфовых зон как в разведочном бурении, так и во время эксплуатации морских нефтяных и газовых месторождений. В ходе добычи нефти в море нефть попадает в воду в количестве 1 млн т. Разливы нефти имеют место как при производственных процессах, так и при аварийных ситуациях. Аварии в открытом море приводят к ощутимым загрязнениям. Например, в 1968 г. на калифорнийском шельфе у пролива Санта-Барбара в результате образования трещины в колонной головке на устье скважины в море попало в общей сложности несколько десятков миллионов тонн нефти. Недалеко от Лос-Анджелеса часть огромной нефтяной чаши площадью 1800 км<sup>2</sup> нанесла большой урон всему побережью и, в частности, фауне птиц.

У

Калифорний

ского побережья Экологические последствия в море, 3600 особей птиц. Известны случаи разрушения морских платформ с людскими жертвами вследствие образования грифонов.

Ужасная катастрофа в истории морской нефтедобычи произошла из-за ошибки технического персонала, забывшего поменять один предохранительный клапан. Произошел взрыв и пожар (рис. 2.78). Катастрофа унесла жизни 167 рабочих и обошлась в 3,4 млрд долл.

Печальный рекорд по загрязнению морских вод принадлежит нефтяной скважине «Иксток-1» (Мексика), пробуренной у берегов полуострова Юкатан в Мексиканском заливе. Авария случилась в июне 1979 г. и ежедневно в акваторию выливалось более 4 тыс. т нефти. Скважина фонтанировала более месяца, выплеснув из недр в мексиканский залив почти 0,3 млн л черного золота. Ликвидация фонтана обошлась в 131,6 млн долл. Ликвидация последствий аварии по времени заняла почти год.

### 2.15.5. Аварии при транспортировке нефти

В настоящее время 7-8 т нефти из каждых 10 т, добываемых в море, доставляется к местам потребления морским транспортом. На некоторых участках Мирового океана происходит буквально столпотворение. Например, через пролив Ла-Манш, ширина которого 29 км, ежедневно проходит более 1000 судов. Немудрено, что количество танкерных катастроф здесь велико. Особенно они возросли в 70-80-х гг. Только в



1975 г. погибло 10 танкеров общим водоизмещением 815 тыс. т. Почти каждый год случаются крупные катастрофы.

Первая катастрофа, которая всколыхнула мир, произошла в 1967 г. Недалеко от мыса Корнуэлл (Англия) супертанкер «Торр

Рис. 2.78. Пожар на морской платформе

Каньон» налетел на риф, и в результате пробоин и повреждений в море вылилось около 120 тыс. т кувейтской нефти. Под воздействием ветра мощные нефтяные пятна (сли- ки) достигли побережья Корнуэлла, пересекли пролив Ла-Манш и обезобразили прибрежные воды и берега Франции и Англии. Морским, прибрежным и пляжным экосистемам был причинен огромный ущерб. Погибло 50 тыс. водоплавающих птиц, т.е. 90% морских птиц этих районов.

В дальнейшем катастрофы крупных танкеров выплескивали в моря и океаны все новые и новые порции нефти. В 1974 г. произошла авария американского танкера «Трансхерон», имевшего на борту 25000 т нефти. Из пробоин только за первую неделю вытекло 3500 т нефти. Огромное нефтяное пятно площадью в несколько десятков квадратных километров медленно двинулось к побережью южноиндийского штата Керала, уничтожая морских обитателей.

В начале 1976 г. у берегов Бретани потерпел крушение супертанкер «Олимпик брейвери» дедвейтом (водоизмещением) 275 тыс. т - собственность компании, основанной греческим магнатом А. Онассисом. Чудовищное мазутное месиво затопило берега некогда живописного французского острова Уэссан. Правительство было вынуждено привлечь военно-морские силы и саперные подразделения для очистки побережья острова. Растительности и животному миру был нанесен непоправимый ущерб.

В январе 1977 г. танкер «Арго Мерчент» длиной 182 м сел на мель у берегов американского штата Массачусетс. Волны раскололи махину, и 29 млн л темной маслянистой жидкости вылилось в океан, образовав пятно размером 240 60 км.

1978 г. знаменуется самой крупной танкерной катастрофой у берегов Бретани. Американский супертанкер «Амоко Кадис» наскочил на рифы, вылив в море 230 тыс. т нефти.

Наиболее крупной аварией в 1979 г. явилось столкновение танкеров «Этлэнтик эмпресс» и «Иджен Кэптэн» в Карибском заливе недалеко от Тринидада. В море вылилось 300 тыс. т нефти.

В марте 1989 г. страшная трагедия разыгралась в арктических водах Аляски. Танкер Exxon Valdez по вине капитана напоролся на риф (рис. 2.79). Из пробоины вытекло более 40 тыс. т нефти. Образовалось нефтяное пятно площадью до 800 км<sup>2</sup>. Акватория пролива Принц Уильям была объявлена зоной бедствия. На борьбу с загрязнением были брошены ВМС США. Ряд стран мира (в том числе и Россия) поспешили прийти на помощь. Тем не менее, по словам газеты «Вашингтон пост», эта авария грозит

«потенциальной экологической катастрофой», последствия которой трудно предугадать. Разлив нефти танкером не был самым большим с точки зрения количества разлитой нефти, но из-за удаленности места катастрофы вся операция по уборке масляного пятна обошлась в 2,5 млрд долл.

13 ноября 2002 г. произошел взрыв нефтяного танкера Prestige (рис. 2.80). Утечка нефти составила 77000 т. Ликвидация последствий аварии обошлась в 12 млрд долл.

Печальный список танкерных аварий можно было бы продолжать, но их доля в нефтяном загрязнении моря сравнительно невелика (около 5% от общего загрязнения нефтью). Однако нельзя преуменьшать и серьезность таких случаев из-за местных разливов. Кроме того, потери нефти при транспортировке происходят на одних и тех же судоходных линиях или в относительно мелких прибрежных районах. В любой момент у берегов Германии может потерпеть аварию один из супертанкеров. Такая катастрофа приведет к тому, что все живое в воде и на берегу будет задушено нефтяным ковром. Опасность «нефтяной чумы» нигде так не велика, как в районе между реками Эльбой и Темзой. На этот участок, где ежегодно провозится около полу- миллиарда тонн сырой нефти и нефтепродуктов, приходится 50%



Рис. 2.79. Авария танкера Exxon Valdez



Гл:



случаев всех столкновений судов. Угрожают морю и тысячи километров трубопроводов, по которым течет нефть.

Влияние на ОС крупных несчастных случаев возрастает с увеличением тоннажа танкеров. Результаты применения так называемых супертанкеров являются спорными. Суда водоизмещением 500 тыс. т уже спущены на воду, а для использования в последующие годы проектируют суда водоизмещением 800 тыс. т. По сравнению с обычными судами супертанкерам трудно маневрировать и они имеют большой остановочный путь из-за большей осадки и массы. Так, например, танкеру емкостью 200 тыс. т требуется пройти, по крайней мере, 4,5 км для остановки, даже если двигатели включены в реверсивном режиме. При аварийной остановке таким танкером управлять весьма трудно. Подобные суда могут проходить через ограниченное число проливов и швартоваться лишь в немногих портах мира (например, в заливе Фосс, Франция). Нетрудно представить, что может произойти, если хотя бы одного их таких гигантов постигнет печальная участь, так как нельзя исключить возможность катастроф в будущем.

Как показывают исследования международной морской организации (ИМО) по судоходству, основными причинами аварий судов (84-88% аварий танкеров) и, соответственно, разливов нефти являются человеческий фактор и условия навигации.

Результатом аварии с танкером является залповое загрязнение морской поверхности на небольшой площади с последующим растеканием нефти и превращением ее в большое загрязненное пятно. Недавняя катастрофа танкера «Эрика» **353** (1999 г.) вблизи французского побережья, гибель танкера «Престиж» (2002 г.) недалеко от Пиренейского полуострова с



#### Экология нефтегазового производства

разливом 70 тыс. т тяжелого топлива и загрязнением более 1000 км побережья вынудили страны ЕС (члены Евросоюза, 27 стран) принять экстренные меры по предупреждению подобных катастроф. ИМО по инициативе ЕС внесла поправки в Международную конвенцию МАРЛПОЛ 73/78 (о предотвращении загрязнения нефтью) и приняла ускоренную программу вывода из эксплуатации однокорпусных танкеров.

В настоящее время с целью повышения надежности конструкции танкеров в случае экстремальной ситуации в рейсе применяют танкеры для перевозки нефтепродуктов только с двойным дном и двойными бортами.

На рис. 2.81 изображен современный танкер (производство Финляндии, АО Fortum Oil and Gas), характеризующийся максимальной безопасностью и минимальной степенью риска в сложных северных условиях эксплуатации.

Танкер спроектирован и построен специально для сложных условий Балтийского моря. Он имеет двойной корпус, дизель-электрическую движительную систему «Азипод», капитанский мостик со средствами управления движением вперед и назад, а также ледокольную корму особой формы. В тяжелых ледовых условиях судно плывет кормой вперед.

Кроме попадания нефти в море в результате несчастных случаев при столкновениях танкеров или посадке на мель, в 3 раза больше поступает нефти в акватории во время загрузки и разгрузки нефти на конечных пунктах и за счет промывки цистерн танкеров и сброса этой воды. После разгрузки пустые танки танкера заполняют морской водой, которая служит стабилизирующим балластом на обратном пути. Морская вода образует эмульсию с нефтепродуктами, оставшимися в танках. Содержащий нефтепродукты балласт сливается в море на небольшом рас-



стоянии от порта назначения. Аналогично освобождаются от балласта и суда других типов. По оценкам, нефтеналивной флот мира

Рис. 2.81. Танкер для безопасной перевозки сырой нефти

**Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**  
ежегодно с водой сбрасывает около 1 млн т нефти.

Вода, загрязненная нефтью, сбрасывается в зонах открытого моря, специально оговоренных международными соглашениями. Тот факт, что существуют районы моря, где нефтеналивным судам разрешено сбрасывать воду после промывки танков, попирает все основы океанографии. Эта проблема стоит особенно остро в зонах эстуариев, где несмотря на обилие рыбы ее невозможно употреблять в пищу из-за неприятного вкуса, который придает ей нефть. Кроме того, действие углеводородов нарушает экологическое равновесие замкнутых морей.

К сожалению, принятые соглашения постоянно нарушаются, операции по сбросу балластной и промывочной воды совершаются недалеко от побережья. Как правило, это продлевается в ночное время или же сброс производится в кильватерную струю судна, что позволяет ввести в заблуждение патрульные самолеты, т.е. совершается сознательное загрязнение моря. Таким образом, сотни тонн нефти сбрасываются в воду в течение каждого рейса. Например, в 1970 г. в Средиземное море было легально сброшено около 300000 тонн груза нефтеналивных судов в двух разрешенных зонах, одна из которых расположена на юго-западе от Кипра, а другая между Италией и Ливией. Но и другие районы Средиземноморья, а также Ла-Манша и Северного моря, систематически загрязняются из-за незаконного сброса балластных вод танкерами. Не менее 300 судов, которые проходят через пролив Па-де-Кале и огибают побережье Франции, ежедневно сбрасывают балластные воды, при этом образуется настоящее «черное море».

Следует отметить, что 80% мирового танкерного флота пользуется системой контрольных мероприятий LOT для уменьшения количества нефтепродуктов, попадающих в море в процессе освобождения от балласта. При этом на 20% танкеров, не применяющих систему LOT, приходится более 70% загрязнений моря.

Система LOT отличается тем, что в качестве балласта в ней используется вода и нефтепродукты одновременно. Менее плотные нефтепродукты располагаются в верхней части танков, а относительно чистая морская вода выливается из нижней части танков в море. Нефтепродукты, смешанные с не



большим количеством морской воды, остаются в танках и затем перегружаются на очередной танкер до полного его заполнения. За исключением некоторых специальных случаев, когда нефть не должна содержать примесей морской воды, система LOT может применяться без каких-либо изменений в конструкциях танкеров. Большинство нефтеочистительных заводов принимают сырую нефть, содержащую морскую воду.

Небольшая доля нефтяных загрязнений приходится на утечку нефтепродуктов с кораблей и танкеров, затонувших во время Второй мировой войны, в результате коррозии корпусов кораблей. Общее количество нефти от этого источника оценивается приблизительно в 4 млн тонн.

#### **2.15.6. Загрязнения выносом рек**

Из ранее приведенной табл. 2.20 следует, что реки и городские стоки дают такой же вклад в загрязнение нефтью морской воды, как и транспортировка нефти по морям. Основные источники попадания нефти и нефтепродуктов в океаническую среду - континентальные, прибрежные НПЗ, утечки с нефтепромыслов, доков, промышленные сточные воды предприятий на берегах рек, системы отопления, работающие на нефтепродуктах, предприятия по обслуживанию тракторов и автомобилей, промышленные предприятия, использующие ГСМ, автомобильный и судоходный транспорт и т.д.

Реки - это естественный резервуар проточной пресной воды, который используется людьми, в том числе и как транспорт для промышленных отходов. Ежегодно реки выбрасывают в моря и океаны 2,3 млн т свинца, 1,6 млн т марганца, 6,5 млн т фосфора. Количество железа, которое выносятся реками в моря, равно половине мировой продукции стали. Один только Рейн выбрасывает в Северное море за год около 60 млн т растворенных в воде отбросов, в своем нижнем течении Рейн переносит около 12000 т нефтепродуктов в день. В Германии ежегодно сливается в реки 14 млрд м<sup>3</sup> сточных вод, из которых очистке подвергается в лучшем случае одна треть. Голландские химики считают, что в районе Роттердама опасная концентрация веществ в воде Рейна настолько велика, что ею нельзя даже чистить зубы, так как можно отравиться.

Не лучше обстоит дело с крупнейшей рекой США - Мисси



**Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ**  
СИБИ. В биологическом смысле едва не погибли Великие озера Северной Америки. Лишь титанические усилия, обошедшиеся США в 17 млрд долл., спасли эти уникальные водоемы.

Варварское отношение к природе при освоении нефтяных месторождений проявляется и в нашей стране. Только за 1988 г. при порывах нефтепроводов на Самотлорском месторождении в одноименное озеро попало около 110 тыс. т нефти. Известны случаи слива мазута и сырой нефти в реку Обь (нерестилище ценных пород рыб) и другие водные артерии страны.

Создается впечатление, будто человек забывает о том, что вода - основа жизни. Антуан-де-Сент-Экзюпери, понявший настоящую цену воды после катастрофы самолета в Сахаре, писал: «Вода, у тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тебя невозможно описать, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое! Нельзя сказать, что ты необходима для жизни: ты - сама жизнь!».

Значительный вклад в загрязнение вносит автомобильный транспорт. Отработанные автомобильные масла из-за мало доступных мест для сбора таких отходов чаще всего обнаруживаются на земле у гаражей, автостоянок. Нефтепродукты попадают с промышленными сточными водами и дождевыми потоками в близлежащие природные водоемы. Воды всех рек в промышленно развитых районах содержат углеводороды.

Огромное количество нефти выносятся в океан реки из нефтесобирающих районов и промышленных центров. Особенно сильно загрязнены устья рек. Например, на дне Обской губы (Обь протекает через главные месторождения Западной Сибири) осевшая нефть составляет местами 10% донных осадков. Примерно 40% попавшей в водоем нефти оседает на дно в виде донных отложений, причем осевшие на дно нефтепродукты окисляются в 10 раз медленнее, чем находящиеся на поверхности воды.

Нефть и нефтепродукты относятся к числу трудноокисляемых микроорганизмами веществ, поэтому самоочищение водоемов, загрязненных нефтью, происходит постепенно. Нефтяное пятно успевает пройти очень большое расстояние по длине реки, прежде чем прекратит свое существование. Иногда на протяжении 500-900 километров от места загрязнения можно обнаружить следы углеводородов. По этой причине из рек в морскую воду поступают огромные количества нефтепродуктов.

На суше в результате испарения, разливов, неполного сго

#### Экология нефтегазового производства

рания топлива в атмосферу выбрасывается большая часть углеводородов, которая вступает в фотохимические реакции с превращением в другие вещества. Оставшаяся часть атмосферных углеводородов в виде жидких капель адсорбируются на атмосферных частицах. Жидкие и твердые частицы неизбежно выпадают из атмосферы и оседают на поверхности морей и океанов, внося значительный вклад в общее загрязнение углеводородами.

Кроме нефти, в моря и океаны выносятся много других продуктов жизнедеятельности человека, загрязняющих эти водоемы. По данным Ж.-И. Кусто, в верхнем слое океанов до глубины 300 м содержится свинец, ртуть, кадмий, которые убивают рыбу и даже самих людей. По сведениям ученых Калифорнийского университета, только в северной акватории Тихого океана на начало 80-х гг. плавало около 5 млн старой резиновой обуви, 35 млн пустых пластмассовых бутылок и около 70 млн стеклянных. Ж.-И. Кусто пишет: «Море стало сточной ямой, куда стекаются все загрязняющие вещества, выносимые отравленными реками.... Поэтому не следует удивляться, если мало-помалу из этой сточной ямы уходит жизнь».

#### **2.15.7. Локализация и сбор разлитой нефти**

В процессе строительства скважин и добычи нефти в результате открытых фонтанов, разрывов проводных нефтепроводов, аварий танкеров образуются локальные разливы нефти. Собрать нефть, разлитую по поверхности воды, весьма трудно. Очистка поверхности от нефти осложняется рядом факторов: высокой вязкостью нефти, что затрудняет ее отделение от воды, значительными площадями очистки, подвижностью нефтяных пятен под действием ветра и течений, гидрометеорологическими условиями и др.

Все виды нефти содержат легкокипящие компоненты, которые быстро испаряются. В течение нескольких дней 25% нефтяного пятна исчезают в результате испарения. Низкомолекулярные компоненты выводятся из нефтяного пятна главным образом в результате растворения, ароматические углеводороды растворяются быстрее, чем парафины, при одинаковой температуре.

Зона загрязнения распространяется на расстояние в несколько километров от места попадания нефтепродуктов в водную среду. С момента утечки нефти до начала работ по локализации и ликвидации нефтяного загрязнения распространение ее по

Глава II. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ... В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ  
поверхности воды обычно уже завершается, т.е. зона загрязнения приобретает почти максимальные размеры и определенную форму.

Согласно российскому законодательству принята следующая классификация чрезвычайных ситуаций, связанных с разливами нефти в море:

- разлив локального значения - это разлив, для ликвидации которого достаточно сил и средств, находящихся на объекте или в непосредственной близости от него. Это разлив, не превышающий 500 т. Он ликвидируется собственными силами организации или силами и средствами взаимодействующих организаций, привлекаемых на договорной основе;

- разлив регионального значения - это разлив нефти, для ликвидации которого требуется привлечение сил и средств, находящихся в регионе. Это разливы, не превышающие 5 тыс. т. Руководство операциями по их ликвидации возложено на бассейновые управления Госморспасслужбы - БАСУ;

- разлив федерального значения - это разлив более 5 тыс. т, для ликвидации которого требуется привлечение сил и средств организаций примыкающих бассейнов или сопредельных государств. Непосредственное руководство работами по сбору нефти в море возлагается на Федеральную службу морского и речного транспорта Минтранса России.

В практике удаления нефти с водной поверхности применяют все известные методы, но наиболее приемлемыми следует считать механические методы, которые позволяют собирать нефть с поверхности моря и в последующем ее утилизировать.

Основные технические средства локализации нефтяного загрязнения - боновые заграждения. Они должны удовлетворять следующим требованиям: быстро разворачиваться, иметь минимальные габариты при хранении и транспортировке, обеспечивать быстрое и надежное соединение секций в морских условиях и крепление к неподвижным объектам, быть устойчивыми в море к перекручиванию и сохранять вертикальное положение, обладать долговечностью, обеспечивать эффективную очистку водной поверхности от нефти.

Разработано и применяется несколько сот видов БЗ, выпускаемых отечественными изготовителями и зарубежными

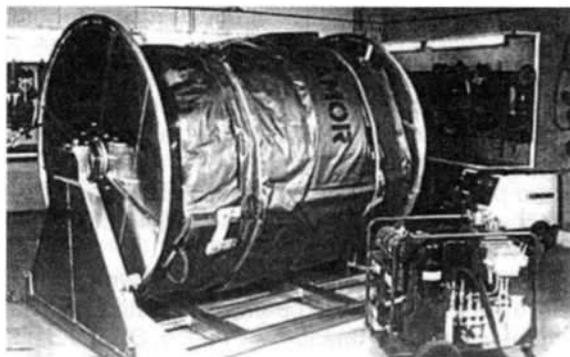


Рис. 2.82. Бон, намотанный на барабан

фирмами. Так, фирма «ЭКОсервис - НЕФТЕГАЗ» предлагает БЗ серий «Рубеж», «Барьер», «Барьер-Сорб», «Барьер-Берег» для локализации нефти и нефтепродуктов. Они изготавливаются из полиэтиленовых композиций, полистирола и ПВХ. Фирма изготавливает также нефтесборное устройство «Спрут - 1» производительностью до 15 м<sup>3</sup>/час, сорбирующий материал «Экосорб» и изделия из него для сбора разлитых нефтепродуктов многократного пользования. Выпускает мобильную установку «Форсаж-2» по сжиганию промышленных, бытовых и медицинских отходов производительностью до 50 кг/час, противофильтрационные покрытия ПФП для укладки в ложе котлована (амбара) для хранения нефти и нефтесодержащих



Рис. 2.83. Разматывание бона



отходов, изготовленные из полимерно-тканевого материала с двусторонним ПВХ-покрытием.

На рис. 2.82 изображен легкий самонадувной нефтеограждающий бон Self Inflatable Light финской фирмы LAMOR.

Бон изготовлен из тканого полиэфирного волокна, обработанного стойким к нефти и солнечному свету поливинилхлориднонитриловым (ПВХ) составом оранжевого цвета. БЗ поставляется на оснащенных силовым приводом барабанах, вмещающих до 500 м бона и обеспечивающих простоту разворачивания и извлечения. Боны выпускаются с высотой надводной части от 100 до 500 мм и подводной части от 150 до 1000 мм; балластный материал - оцинкованная цепь; масса погонного метра бона - от 3 до 7,23 кг. На рис. 2.83 зафиксирован рабочий момент спуска бона на воду.

Компания Vikoma International Limited поставляет изделия для устранения последствий аварийных загрязнений нефтью. Vikoma выпускает гладкопрофильные секционные боны из прочного неопрена и полиуретана, полный ассортимент нефтесборных систем (нефтесборщиков), портативную воздушно-вакуумную систему береговой очистки, ассортимент эластичных резервуаров для хранения и транспортировки нефти, контейнерные комплекты оборудования, разнообразные блоки распыления диспергаторов для распыления как концентратов, так и разбавленных диспергаторов, оборудование для сепарации воды от нефти.

На рис. 2.84 показана локализация аварийного разлива нефти.

Для локализации нефтяных разливов, которые дрейфуют по водной поверхности под влиянием ветра и течения про-



Рис. 2.84. Локализация разлива



должительное время в одном направлении, применяется 11-образный способ установки БЗ на акватории (рис. 2.85). Применяются также V-, J-образные конфигурации.

Длина бонов, буксируемых в виде U-образной формы, обычно не превышает 250 м, при этом ширина траления будет около 100 м. В редких случаях (при благоприятных гидрометеорологических условиях, наличии соответствующих судов и прочных бонов) длина бонов может быть увеличена до 500-600 м, при этом ширина захвата будет составлять порядка 150-200 м.

Заграждения закрепляются на якорях за оба конца или удерживаются с помощью плавсредств, либо буксируются катерами в качестве трала. Если требуется значительная длина заграждений (в случае крупного разлива), бонь состыкуются между собой и на них устанавливаются промежуточные якоря на расстоянии 30-45 м между собой.

Оперативные БЗ на акватории порта должны крепиться к специальным буям, установленным на якорях. При этом:

1. Для крепления БЗ рекомендуется применять якоря массой 10-15 кг, легкие по ГОСТ 25496-82, якоря Матросова по ГОСТ 8497-78, якоря адмиралтейские по ГОСТ 760-74.

2. Для соединения буя с якорем рекомендуется применять канаты капроновые длиной 40 м (диаметром 13 мм) по ГОСТ 10293-77. Длина каната должна быть больше наибольшей глубины в порту. При этом необходимо для увеличения держащей силы якоря между якорем и канатом предусматривать отрезок цепи калибром 9 по ГОСТ 228-79 или ГОСТ 7070-75 длиной 2-4 м.

3 Буи для крепления БЗ должны иметь яркую, легко раз-

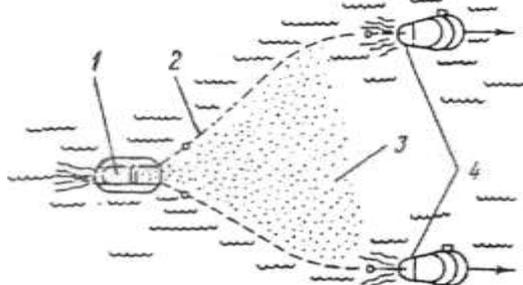


Рис. 2.85. Сбор нефти на свободной акватории с применением бонов:  
1 - нефтемусоросборщик; 2 - бонь; 3 - нефть; 4 - буксировщики бонов

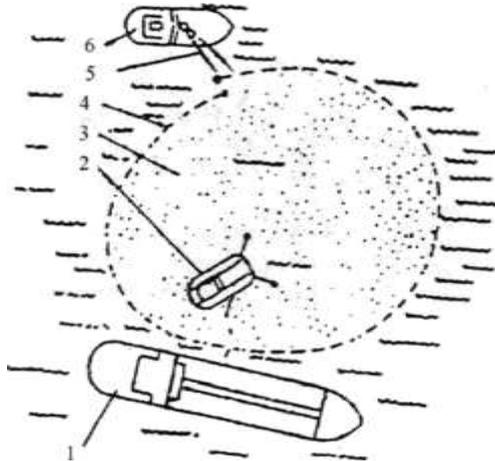


Рис. 2.86. Ликвидация разлива нефти на акватории порта:  
1 - нефтеналивная баржа; 2 - нефтемусоросборщик;  
3 - нефтяное пятно;  
4 - боновое ограждение; 5 - струя воды из  
пожарного ствола;  
6 - пожарный катер

личимую окраску и должны быть снабжены сигнальными огнями и радарными отражателями для наблюдения за ними при плохой видимости.

4. Крепление БЗ необходимо располагать только над водой. В районе акватории порта разлив нефти можно ликвидировать другими техническими и плавсредствами способом «ловушки» (рис. 2.86).

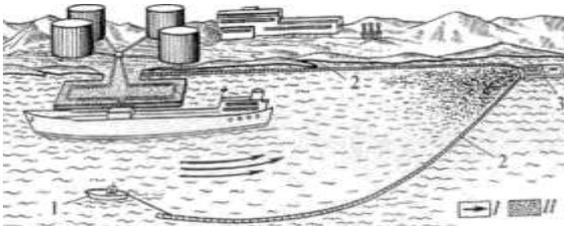


Рис. 2.87. Схема ограждения и сбора нефти в районе нефтегазодобычи около побережья:  
I - направление движения течения воды; II - разлив нефти; 1 - буксир; 2 - боны; 3 - нефтесборное устройство



На рис. 2.87 изображена типовая схема БЗ и сбора разлитой нефти в районе комплексного нефтяного терминала.

Очень трудоемким является процесс сбора разлившейся нефти на берегах морей. Часто приходится проводить сбор нефти вручную (рис. 2.88).

Для прибрежных зон сборка БЗ может осуществляться на берегу с последующей транспортировкой бона на место разлива нефти (рис. 2.89).

Технические средства для механического сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности загрязненных участков моря можно разделить на две группы: нефтесборные устройства и специально оборудованные суда-нефтесборщики. В ряде случаев оборудование для борьбы с загрязнением изготавливают в виде единых систем, включающих нефтесборные устройства и БЗ, а также средства их развертывания. Нефтесборные устройства в зависимости от способа передвижения и крепления подразделяются на самоходные, стационарные, буксируемые и на-



Рис. 2.89. Сборка БЗ на берегу моря

**Характеристика нефтесборных устройств**

Т а б л и ц а 2.21

Тип скиммера	Производительность, мУч, при сборе				Содержание нефти в собранной смеси, %
	дизельное топливо	сырая лёгкая нефть	сырая тяжёлая нефть	мазут М100	
Олеофильные скиммеры					
Дисковый, малый	0,4-1	0,2-2			80-90
Дисковый, большой		10-20	10-50		80-90
Щёточный	0,2-0,8	0,5-100	0,5-20	0,5-20	85-90
Цилиндровый, малый	0,5-5	0,5-5			80-95
Цилиндровый, большой		10-30			80-95
Гросовый		2-20	2-10		75-95
Пороговые скиммеры					
Пороговый, малый	0,2-10	0,6-5	2-10		20-80
Пороговый, большой		30-100	5-10	3-5	50-90
Передвижной	1-10	5-30	5-25		30-70

сосные, устанавливаемые на различных плавсредствах.

Наибольшее распространение для ликвидации разливов получили скиммеры, характеристика которых приведена в табл. 2.21. Данные приведены для условий свободной воды и скорости ветра 10 м/с.

По принципу сбора нефти захватные устройства делятся на абсорбционные, адгезионные, пороговые, центробежные, вса-

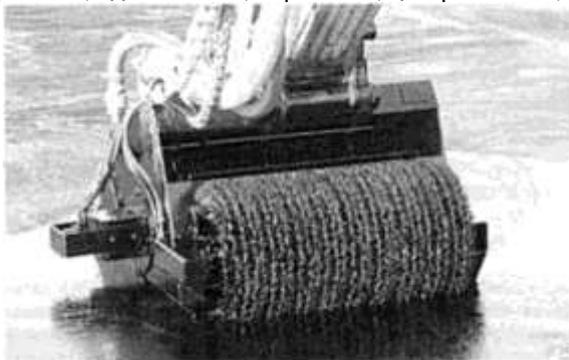


Рис. 2.90. Ковшовый нефтесборщик

сывающие и др. На рис. 2.90 показан общий вид ковшового нефтесборщика, на рис. 2.91 - устройство с плоской лентой.

Максимальная производительность скиммеров достигается, если пленка нефти имеет толщину 10 мм и нефть после разлива была сразу же ограждена бонами. На практике такие случаи относительно редки, нефть успевает растечься на большой площади и толщина пленки обычно составляет 0,5-5 мм (это не относится к высокопарафинистым сырым нефтям и мазутам, толщина пленки которых на воде может быть более 10 мм). В этом случае производительность сбора нефти резко падает. Кроме того, на производительность сбора влияют неблагоприятные погодные условия, волнение моря, скорость траления, ширина полосы траления и прочее.

Достижению высокой скорости сбора препятствует ряд физических ограничений, которые трудно преодолеть. Олеофильные скиммеры (нефтесборные устройства), основанные на сорбционном принципе действия, работая самостоятельно, могут производить сбор нефти при относительно высокой скорости передвижения - 2-5 узлов (узел - применяемая в мореплавании единица измерения скорости, равная одной морской миле в час, т.е. 1,852 км/час), однако их ширина захвата небольшая. Ширина захвата может быть увеличена путем присоединения к скиммеру бонов. Но при этом скорость траления снижается до 0,75-1 узла.

Поддержание чистоты портовых акваторий, ликвидация раз-

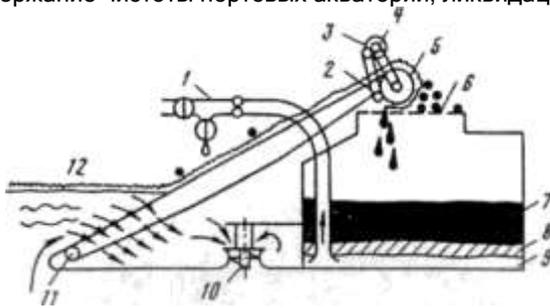


Рис. 2.91. Схема нефтесборного устройства с использованием плоской ленты:

- 1 - насос для откачки воды из отстойника; 2 - прижимной валик; 3 - гидромотор; 4 - ведущая звездочка; 5 - ведущий ролик; 6 - решетка; 7 - нефть; 8 - водонефтяная эмульсия; 9 - вода; 10 - насос для создания потока через фильтрующую ленту; 11 - водяной ролик; 12 - нефть и мусор на водной поверхности

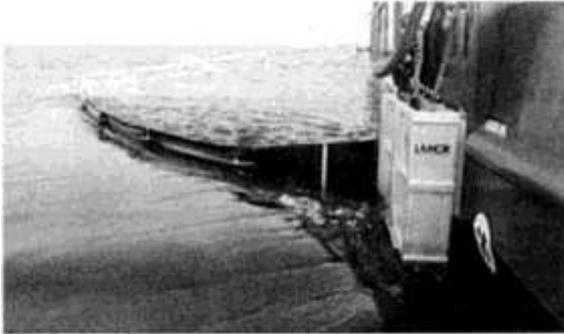


Рис. 2.92. Сбор нефти

ливов нефти в портах и припортовой зоне осуществляются с помощью нефтемусоросборщиков. Они могут собирать практически любые виды плавающих загрязнений, включая крупный мусор, очищать любые участки акваторий, в том числе в узких местах между судами, эстакадами и другими гидротехническими сооружениями.

На рис. 2.92 изображен рабочий момент сбора нефти бортовым нефтесборщиком Lamor Over the Side корпорации Lamor.

Производительность сбора нефти - до 140 м<sup>3</sup>/час; она зависит от толщины слоя нефти и ее вязкости. Степень очистки - 95% нефти и 5% воды. Нефтесборщик оснащен винтовым насосом Follex или Desmi, перекачивающим высоковязкие нефтепродукты, помпой, щеточным нефтесборным устройством тоннельного типа, дизель-генераторной силовой установкой и другим вспомогательным оборудованием. В комплект оборудования входят кассеты для сбора нефти, которая затем перекачивается в резервуары. Эксплуатация нефтесборщика возможна при волнении моря с высотой волн до 3 м.

Для локализации или ликвидации больших разливов нефти на море при открытых фонтанах, разрывах подводных нефтепроводов, а также разрушениях нефтепромыслового хозяйства, вызванных стихийными бедствиями (ураган, шторм, ледовая обстановка и т.д.), служат экспедиционные суда, не имеющие ограничений по погодным условиям и районам плавания. Совместно с ними используются плавучие нефтесборщики, способные по своим мореходным качествам работать в открытом море. Экспедиционные суда оснащены комплектом БЗ и нефтесобирающими устройствами. Трюмы такого судна используются как емкости для собираемой с поверхности моря

нефти. Специальные сепарационные устройства обеспечивают отделение собранной нефти от морской воды.

Судно снабжено средствами для погрузки и спуска на воду нефтесборщиков, БЗ и других технических средств, используемых для локализации, сбора и ликвидации разлива. На судне имеется гидрометеорологическая, гидрохимическая и биологическая лаборатории. Кроме того, судно снабжено автоматическими средствами наблюдения за районами разлива, направлением и скоростью движения разлитой нефти. Специальные средства обеспечивают оперативную связь и четкое взаимодействие всех участников операции по ликвидации разлива. Схема ликвидации аварийного разлива нефти в открытом море с участием экспедиционного судна приведено на рис. 2.93.

Следует подчеркнуть, что на практике нефть растекается и в процессе ее сбора. Кроме того, проход нефтесборной системы через нефтяное пятно не означает, что позади останется чистая поверхность воды, т.к. под действием ветра и течений нефть будет растекаться и вновь покроет очищенную поверхность. Поэтому после сбора основной массы нефти применяют дополнительные методы очистки от тонкой пленки нефти.

После ликвидации разлива в прибрежных зонах очистку портовых береговых сооружений, БЗ, нефтесборных средств, кор-

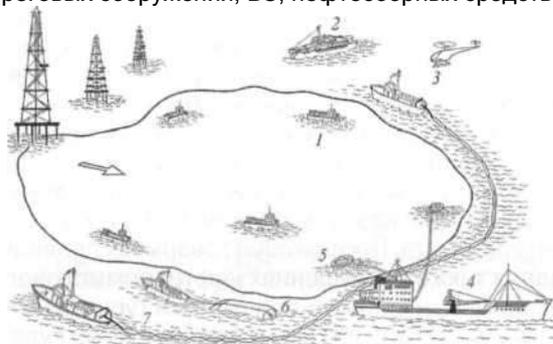


Рис. 2.93. Схема ликвидации разлива нефти с участием экспедиционного судна:

- 1 - нефтесборщик морской; 2 - нефтесборщик; 3 - средства авиаразведки;
- 4 - экспедиционное судно; 5 - нефтесборное устройство; 6 - нефтяная емкость; 7 - боновое заграждение



Рис. 2.94. Удаление нефти с помощью сорбентов

пусов судов, участвовавших в операции, производят водой из пожарных стволов. Для ускорения процесса очистки целесообразно применять пар или горячую воду. Стекающая в воду нефть собирается нефтемусоросборщиком. Для мойки нефтеограждающих бонов применяются специальные машины.

Для борьбы с загрязнением моря нефтью широкое распространение получают методы, основанные на свойствах различных материалов поглощать нефть из воды. Различают плавающие сорбенты плотностью менее  $1000 \text{ кг/м}^3$  и погружаемые сорбенты большей плотности. В качестве плавающих сорбентов применяют многие природные (торф, мох, сено) и искусственные (полиуретан, резина и др.) материалы.

Для сбора нефти рекомендуется использование полиуретанового пенопласта отечественного производства, обладающего способностью хорошо поглощать нефть (в 18-19 раз больше собственной массы). Полиуретановый пенопласт способен почти полностью поглощать слой нефти, разлитой на поверхности моря, толщиной 1 см. После обработки полиуретановым пенопластом содержание нефтепродуктов в поверхностном слое воды снижается с 4000-6000 мг/л до 10-14 мг/л.

Искусственные сорбенты выпускаются в виде гранул или полотноц (полос) материи. Преимущество искусственных сорбентов по сравнению с природными заключается в возможности их повторного использования после регенерации. Гранулированные сорбенты более эффективны, чем матерчатые, и применяются для удаления нефтяного загрязнения на больших площадях.

На рис. 2.94 показана раскладка листов сорбента на нефтяное пятно.

#### Экология нефтегазового производства

После сбора нефти механическим путем на поверхности моря остается тонкая пленка нефти, а концентрация углеводородов в воде достигает нормы лишь через 300-400 сут. после очистки района загрязнения. Удалять тонкопленочную нефть с поверхности моря можно методами диспергирования, сорбции и локализации. Хорошие результаты дает применение диспергаторов - тонко измельченных твердых или жидких веществ. В морских условиях целесообразно вводить диспергент в нефть в не разбавленном водой состоянии и распылять его над плавающими нефтяными пятнами с самолетов или вертолетов. На рис. 2.95 запечатлен момент распыления жидких диспергаторов.

Большие надежды возлагаются на биологическую защиту: в лабораториях фирмы «Дженерал электрик» (США) создан супермикроб, способный расщеплять молекулы углеводородов.

#### **2.15.8. Негативное влияние нефти на морскую среду**

Гидросфера является динамической системой, в которой поддерживается биохимическое равновесие, и в нормально функционирующей водной системе, несомненно, имеются большие резервы для ассимилирования отходов. Однако во многих местах эти резервы настолько исчерпаны или истощены из-за чрезмерного загрязнения, что ряд водных систем не



справляется со своими функциями. Примерами таких водных систем, где загрязнение стало явно заметным, являются Адриатическое, Балтийское и Средиземное моря, реки Темза, Рейн,

Рис. 2.95. Распыление диспергаторов вертолетом

Сена, а также Великие озера в США и Канаде. Но динамические системы обладают замечательной способностью регенерации, и при осторожном и продуманном планировании даже наиболее сильно загрязненные водные системы могут быть возвращены вновь к активному и полному их использованию. Примером регенерации речного режима в крупном масштабе является успешное восстановление устья Темзы.

Прилегающие к Северному морю промышленно развитые страны уже более 150 лет используют море и впадающие в него реки как свалку. Здесь сильно развито и судоходство. Рыба, выловленная в Северном море, часто оказывается непригодной для сбыта: вряд ли покупатель купил бы камбалу с красными опухольями на теле, угря с опухолью величиной с голову человека, корюшку с нарывами на плавниках или скумбрию с отверстиями в животе. Рыбакам нередко приходится выбрасывать за борт большую рыбу, иногда около 30% своего улова. Принц Чарльз, наследник английского престола, назвал Северное море клоакой, заявив, что «пока мы будем ждать диагноза врача, пациент может умереть». Западногерманская пресса усилила это определение, назвав море cloaca maxima (так называлась большая канализация Древнего Рима).

Токсичность нефтяных углеводородов в основном зависит от содержания в них ароматических фракций, которые способны сохраняться в морской воде и в донных отложениях длительный период в силу своей стойкости к деградации. Алканы обладают не меньшей токсичностью, но деградация их происходит сравнительно быстрее. Кроме того, в присутствии нефтяных углеводородов токсичность других загрязняющих веществ, в частности тяжелых металлов и хлорированных углеводородов, проявляется в большей степени.

В воде нефтепродукты могут подвергаться одному из следующих процессов: ассимиляция морскими организмами, вторичная седиментация, эмульгирование, образование нефтяных агрегатов, окисление, растворение и испарение.

Распад нефти и нефтепродуктов в менее соленых водах протекает более активно. С увеличением активной реакции среды скорость разрушения нефтепродуктов возрастает. Так как диапазон изменений pH в море колеблется в пределах 2 единиц, то эффект изменения периода полураспада нефти в море в зависимости от изменения pH в 25 раз меньше, чем от колебаний температуры, и в три раза меньше, чем от колебаний солености.

Морские птицы стали первыми жертвами загрязнения вод

#### Экология нефтегазового производства

нефтью. Чистиковые, утиные, чайки, трубконосые, опускаясь на нефтяные слики, сильно пачкают свое оперение. Углеводороды, замасливая перья птиц, нарушают их гидрофобность, сводя на нет защитную функцию оперения. Птицы переохлаждаются и гибнут от гипотермии. Кроме того, птицы подвергаются интоксикации нефтью, поглощаемой ими во время ныряния или при попытках очистить перья. В результате этой интоксикации происходит серьезное нарушение эндокринной системы, в частности функции надпочечной железы. Кроме того, нефть на птиц действует как яд.

Эффекты покрытия и удушения являются основными вредными последствиями при загрязнении нефтепродуктами. Нефтью и смолистыми отложениями покрываются пляжи, наблюдается гибель в зонах приливов низкорастущих растений, планктона, птиц.

В результате аварий танкеров был нанесен невосполнимый урон различным колониям морских птиц (чайкам, гагарам, утиным, чистиковым, трубконосым и пр.). Достаточно указать, что только в результате самой крупной аварии за всю историю танкерного флота (случай с танкером «Амоко Кадис») погибло около 20 тыс. морских птиц, потеряно около 80% годового урожая морских водорослей и практически полностью



уничтожена популяция промысловых устриц. Подсчитано, что только в результате нефтяного загрязнения в Северном море и Северной Атлантике ежегодно погибает от 150 до 450 тыс. морских птиц. Пролив Ла-Манш, Северное и Средиземное моря становятся непригодными для обитания морских птиц, ежегодно от 20000 до 50000 особей, представителей 50 видов (из которых 14 - утиные), населяющих побережье Нидерландов, становятся жертвами катастрофического загрязнения. В Великобритании погибает до 250000 птиц в год. Это касается и популяций, населяющих

*Рис. 2.96. Массовая гибель птиц*

окрестности Новой Земли, где колонии тупиков, насчитывавших сотни тысяч особей, за несколько лет сильно поредели. На рис. 2.96 показан результат разлива нефти - массовая гибель птиц.

Авария танкера «Торри-Каньон» стала настоящей трагедией для колоний морских птиц как в Бретани, так и в Корнуэлле. Заповедник на островах Ле-Сет-Иль, где в течение 60 лет напряженного труда удалось воссоздать процветающие колонии птиц, был полностью заражен. Количество тупиков, населявших заповедник, после катастрофы уменьшилось с 4000 до 600 особей, а численность гагарок и тонкоклювых и длиноклювых кайр - с 700 до 100 особей.

Слики препятствуют так называемой аэрации, т.е. процессу поглощения водой кислорода из атмосферы. При постоянном расходе кислорода в водоеме (на глубине более 10 м это пополнение происходит очень медленно) прекращение аэрации может оказаться губительным для живого мира водоема. Нефть и нефтепродукты относятся к числу трудноокисляемых микроорганизмами веществ, поэтому самоочищение водоемов, загрязненных нефтью, происходит достаточно долго.

Нефть влияет на физиологические процессы морских обитателей, вызывает патологические изменения в различных тканях и органах, нарушает работу ферментативного аппарата и нервной системы. Даже небольшие концентрации нефтепродуктов вызывают у рыб, моллюсков изменения состава крови и нарушают углеводный обмен, вредно влияют на развивающиеся организмы рыб. Парафины часто оказывают наркотический эффект на простейшие организмы. При концентрациях нефти, которые встречаются во многих гаванях и закрытых участках моря, большинство видов микроскопических водорослей пребывает в угнетенном состоянии или погибает.

Важной проблемой продолжают оставаться возможные

последствия потребления человеком в пищу рыб, креветок, крабов, устриц, водорослей и т.д., в организмах которых накапливаются наиболее опасные полициклические ароматические углеводороды, обладающие канцерогенными свойствами. Прожорливые морские рыбы, такие как скумбрушка - основное звено пищевой цепи в морях умеренных широт, нередко проглатывают мелкие комочки нефти. Таким образом, рыбы накапливают значительные количества токсичных веществ, которые, продвигаясь по пищевым цепочкам, могут дойти до человека. Поэтому необходимо обязательно проводить контроль качества морских вод на поверхности воды, на глубине 5 м, 10 м и у дна согласно ГОСТ 17.1.3.08 - 82.

Известно, что подавляющее большинство рыб и других вылавливаемых для продажи организмов размножаются и проводят начальный период развития на мелководье: в устьях рек, заливах и в прибрежной водной системе. Некоторые глубоководные рыбы, например атлантический лосось, мигрируют из соленой воды в пресноводные реки метать икру. Многие ракообразные и им подобные размножаются в приливных зонах и проводят свою жизнь на мелководье. Икринки и мальки в 10-100 раз чувствительнее к действию углеводородов, чем взрослые организмы. При концентрации углеводородов в морской воде в количестве 0,1-0,01 мг/л икринки погибают за несколько суток. На 1 га морской поверхности может погибнуть более 100 млн личинок рыб.

В пределах одного вида, при переходе от молодого организма к взрослой особи, требования к питательным веществам изменяются, что отражается и в разной реакции на отклонения от нормы. Так, взрослые организмы могут перенести определенный уровень загрязнения, который в то же время уничтожает молодые организмы. Поэтому наличие взрослой рыбы в определенной водной системе не означает, что вода подходит для жизни водных организмов.

Очистке морской воды от загрязнений способствуют природные живые микроорганизмы (простейшие инфузории, двусторчатые моллюски типа мидий, планктонные ракообразные). Известно более ста видов бактерий, грибов, водорослей и губок, способных превращать углеводороды нефти в двуокись углерода и воду.

Донные отложения, адсорбируя углеводороды, с одной стороны, ведут к уменьшению их содержания в воде, а с другой - могут служить при определенных условиях источником повторного

загрязнения воды. Если легкие фракции углеводородов распадаются за несколько месяцев, то комки битума исчезают лишь через несколько лет.

Наличие нефтяных углеводородов и масел в донных отложениях способствует интенсивному накоплению в них хлорированных углеводородов и металлов. Многие тяжелые металлы и труднорастворяемые хлорированные углеводороды легко растворимы в живых веществах, содержащихся в клетках животных и растений, и потому накапливаются внутри организмов. Например, морские черви и моллюски могут даже при очень низкой концентрации в морской воде ДЦТ накопить в своих тканях немалые дозы этого яда. Так же активно морские животные накапливают ртуть, а по некоторым данным - и свинец. Яд, накапливаясь от звена к звену, в конце концов, может вызвать катастрофу, подобную той, которая разразилась в 50-х годах в японской бухте Минамата, когда погибли десятки и заболели тысячи людей, питавшихся рыбой, в тканях которой накопилась ртуть. Концентрации ядов обнаруживаются в крупных, долго живущих морских животных. Так в килограмме жира тюленей, живущих у британских берегов, содержится 10-40 мг ДЦТ, в килограмме жира финских нерп - 74-210 мг ртути. Можно встретить тюленя с крупными опухолями брюха.

Следует подчеркнуть, как иногда неправильные решения могут привести к усугубляющим последствиям. Для уничтожения нефти, пролившейся в море и на берег от аварии с танкером «Торри Кэньон», применили диспергаторы химических соединений, разбивающие слой нефти на мелкие капли. В результате были загублены мелкие обитатели побережья - улитки, морские желуди и погибли тысячи чаек от склеивания нефтью перьев. Понадобилось два года, чтобы живой мир побережья хоть чуть-чуть восстановился. На восстановление флоры и фауны ушло десятилетие. Противоядие оказалось хуже яда.

Разработаны различные биологические препараты для ликвидации последствий разлива нефти, мазута. Применяют их прямо на месте разлива, распыляя их на нефть. Питательные вещества способствуют возникновению колоний бактерий, которые поедают нефтяную пленку на воде, камнях. Бактерии, в свою очередь, поедаются червями, черви - рыбой, замыкая тем самым природный круговорот.

Кроме нефтяных углеводородов и других загрязняющих веществ на морскую жизнедеятельность оказывает влияние ряд других факторов. Так, во время эксплуатации морских подводных

трубопроводов оказывается тепловое воздействие на гидрофауну. Наблюдения специалистов разных стран показали, что тепловые поля трубопроводов привлекают различные бентосные организмы, а соответственно и рыб, питающихся этим комплексом организмов, что положительно сказывается на продуктивности данного участка моря. Этому будет способствовать и обрастание подводных металлических конструкций, морских платформ водорослями и мидиями.

Вокруг трубопроводов обычно образуются магнитные поля, которые в 2 раза превышают магнитное поле Земли. Однако градиент их невелик и быстро уменьшается с расстоянием, и уже на удалении 1 м от трубопровода они совпадают со значением магнитного поля Земли. Естественно, что столь низкие значения магнитного поля не могут оказать существенного влияния на поведение и миграции рыб.

Производственные шумы, создаваемые при работе БУ, значительно превышают естественные, особенно при забивании свай и водоотделяющих колонн. В воде звук распространяется в 4,5 раза быстрее, а поглощается в 700 раз меньше, чем в воздухе. Шум и вибрация, производимые работающей БУ, по-разному действуют на морскую биоту в зависимости от силы раздражителей, вида объекта и его биологического и физиологического состояния. Известно, что слабые воздействия шума и вибрации являются привлекающим фактором для водных обитателей, более сильные воздействия создают отпугивающий эффект. В наибольшей степени негативное воздействие шума и вибрации может проявляться на нерестилищах рыб. Рыбы воспринимают как механические, так и инфразвуковые и звуковые колебания органами боковой линии или слуховым лабиринтом. По экспертным оценкам, зона шумового воздействия для подвижных гидробионтов и рыб при работе БУ на морской платформе не выходит за пределы 500 м.

Разноцветная окраска механизмов и сооружений морских буровых платформ в дневное время обычно привлекает мигрирующих птиц суши, совершающих перелет над морем, возможностью кратковременного отдыха. Искусственное освещение платформы привлекает птиц в темное время суток, особенно при неблагоприятных метеоусловиях, в осеннее время и в условиях густых туманов. Для ночных мигрантов освещенная зона вызывает эффект замкнутого пространства, в котором птицы начинают хаотично кружиться. Это приводит к столкновению птиц с различными конструкциями платформы. В подобных условиях за

ночь могут погибнуть десятки и даже сотни особей, в общей сложности - до 10 тыс. особей в год.

Огромный объем Мирового океана свидетельствует о неисчерпаемости природных ресурсов планеты. Кроме того, Мировой океан является коллектором речных вод суши, ежегодно принимая около 39 тыс. км<sup>3</sup> воды. Намечившееся в отдельных районах загрязнение Мирового океана грозит нарушить естественный процесс влагооборота в его наиболее ответственном звене - испарении с поверхности океана. Экспериментально установлено, что с 1 км<sup>2</sup> незагрязненной морской поверхности испаряется 379 т воды. При наличии нефтяной пленки объем испаряемой жидкости составляет лишь 18,9 т.

## 2.16. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Целью Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» является предупреждение аварий на промышленных объектах и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих эти объекты, к локализации и ликвидации последствий аварий. Под промышленной безопасностью объектов понимается состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий и их последствий. Термин «авария» означает разрушение сооружений или технических устройств от неконтролируемого взрыва или выброса опасных веществ. Если произошла авария, то в 10-дневной срок составляется акт расследования ее причин и в 15-дневной срок расследуется несчастный случай с работником в результате аварии.

На объектах нефтегазового производства возможно возникновение различных чрезвычайных ситуаций (аварий). Это нефтяные и газовые фонтаны, грифоны, падение и разрушение вышки (мачты), падение элементов талевого системы (кронблока), площадки верхового, разрушение установок подготовки нефти, взрывы и пожары на резервуарных парках, складах сжиженных газов, разливы нефти и прочее. При этом наносится ущерб сырьевой базе страны, ОС, самой нефтегазовой промышленности, т.к. ликвидация аварий всегда связана с трудоемкими и продолжительными по времени восстановительными работами, финансовыми затратами. Нередко аварии происходят с человеческими жертвами.

Так, например, в 1948 г. на берегу реки Самары разыгралась трагедия, вошедшая в историю пожаротушения и давшая миру

понятие «выброс кипящей нефти». От молнии во время грозы загорелся резервуар с сырой нефтью нефтеперевалочной базы. Пожар охватил ряд резервуаров, пожарные подразделения стали тушить пожар. Неожиданно 50 т закипевшей нефти, выталкиваемой паром, вырвались наружу. Столб пламени взметнулся высоко в небо, чтобы через мгновение пылающим шатром обрушиться на людей и технику. В результате выплеска нефти погибли 35 человек. Возгорания и сегодня считаются особо опасными авариями, т.к. часто уносят человеческие жизни.

На территории нефтегазового производства могут возникнуть ЧС различного характера:

- природные в результате катаклизмов (сильные продолжительные морозы, метели, снежные заносы (толщина снега более 20 см за 12 часов), сильные ветры (до урагана), дожди (высотой воды до 50 мм за 12 часов), сильные метели (с ветром более 15 м/с), наводнения, горение торфа;

- техногенные в результате крупномасштабных пожаров, сильных взрывов природного газа на территории промысла, аварий с выбросом метанола, разрушения конструкций наземных сооружений, крупномасштабных утечек вредных веществ, экологических катастроф техногенного характера;

- военно-политические в результате возникновения военно-политических конфликтов, проведения террористических актов.

Особую опасность представляют неуправляемые фонтанируемые скважины. Буровой мастер Х. Кулиев вспоминает: «Фонтан выкидывал, как спички, многометровые металлические трубы и рабочий инструмент буровиков...» (разведочная скважина Р-1, пос. Березово, 1953 г.). Анализ аварийности по буровым предприятиям нефтегазового комплекса страны показал, что аварии, связанные с ГНВП, составляют в общем балансе аварий в среднем 40%. Например, с 1985 по 1994 г. произошло 113 открытых нефтяных и газовых фонтанов, 48 из которых сопровождались пожарами, взрывами, сильным загрязнением ОС, человеческими жертвами. Нефтяные и газовые фонтаны ликвидируются специализируемыми военизируемыми частями и газоспасательными



пожарными командами. Работы по ликвидации открытых фонтанов относятся к особо опасным видам, поэтому для оперативного управления ими создается штаб. Буровая бригада выполняет вспомогательные работы, а при необходимости эвакуируется в безопасное место.

Все боевые действия пожарных подразделений по тушению фонтана осуществляются в соответствии с «Инструкцией по организации и безопасному ведению работ по ликвидации открытых газовых и нефтяных фонтанов», а также с учетом решений и рекомендаций штаба руководства работами по ликвидации открытого фонтана.

В случае крупных аварийных разливов нефти буровая или нефтепромысловая организация ставит в известность руководителя Подкомиссии по ЧС, а в случае необходимости запрашивает организационную и техническую помощь в осуществлении операций по ликвидации аварийного разлива нефти. Если последствия аварий не могут быть осуществлены средствами предприятия, то локальная ЧС переходит в разряд местной ЧС. В этом случае к ликвидации аварийной ситуации привлекаются силы и средства органов местного самоуправления, а также органов исполнительной власти области под руководством Подкомиссии по ЧС области.

Экологические функции МЧС России (Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий) состоят в принятии чрезвычайных мер по ликвидации экологических катастроф, вызванных стихийными бедствиями, производственными авариями и катастрофами.

Планирование действий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС осуществляется отделом по делам ГО и ЧС области (округа). Составляется следующая документация:

- план работы отдела по делам ГО и ЧС;
- план действий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера;
- комплект документов планирования и учета обучения работников вопросам ГО и ЧС.

На территории промысла ведется повседневный контроль над обстановкой. Контроль осуществляют службы и подразделения соответствующих цехов, оснащенные всеми необходимыми техническими средствами, материалами и обученным персоналом.

Довольно частыми на объектах нефтедобычи являются пожары, возникающие, как правило, по халатности обслуживающего персонала, не выполняющего требований пожарной и промышленной безопасности. Пожаром принято называть вышедшее из-под контроля горение, в результате которого уничтожаются материальные ценности. Крупные пожары нередко принимают характер стихийного бедствия и сопровождаются гибелью людей. За последние 5 лет среднегодовое количество аварий на магистральных трубопроводах, сопровождаемых пожарами, составляло около 200, на промысловых трубопроводах - около 400, из них 60% - на территории Тюменской области. Последствия нефтяных пожаров, как правило, непредсказуемы и наносят непоправимый ущерб.

На рис. 2.97 показан пожар на НПЗ.

Пожары на объектах нефтегазовой промышленности характеризуются следующими видами горения:

- взрывы паровоздушной и газовоздушной смеси;
- горение паров жидкости или газов в виде факела;
- горение движущейся жидкости;
- горение неподвижной жидкости.

Пожары на объектах нефтегазовой промышленности могут возникнуть по следующим причинам:

- отступление при проектировании и строительстве от требований нормативных документов;
- несоответствие оборудования категории пожаро-взрывоопасности производства;
- нарушение технологического процесса производства;



Рис. 2.97. Пожар на НПЗ

- использование неисправных энергетических сетей, оборудования, приборов и аппаратов;
- аварии и выход из строя систем автоматики и контрольно-измерительных приборов;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- самовоспламенение нефтепродуктов, горючих материалов и пиррофорных отложений, образующихся в результате коррозии подземного и наземного оборудования;
- возникновение и накопление зарядов статического электричества;
- отсутствие заземления;
- воздействие явлений природы.

Источниками воспламенения горючих материалов могут быть открытые факелы, паяльные лампы, костры, спички, окурки, электродуги сварочных аппаратов, продукты газовой сварки и резки, искры от электрооборудования, электропроводки и прочее.

На взрывопожароопасных участках курение и разведение открытого огня запрещается. Территория вокруг скважин должна содержаться в чистоте, быть спланированной и своевременно очищаться от сухой травы. На насосных станциях не должно быть растекания и разбрызгивания нефти и смазочных материалов, на компрессорных станциях не должно быть утечек газа.

Для защиты от статического электричества, возникающего при трении ременных передач, перемешивании и разбрызгивании эмульсии, истечении газов и паров с механическими примесями, должно применяться надежное заземление всех металлических частей (цистерны, резервуары, трубопроводы, эстакады, наконечники шлангов и др.), на которых может возникнуть опасный электрический потенциал.

Мероприятиями по обеспечению противопожарной защиты производственных объектов являются:

- соблюдение технологического регламента процесса производства, правил технической эксплуатации установок;
- соблюдение графиков планово-предупредительных ремонтов установок и оборудования;
- содержание в исправном состоянии автоматических средств оповещения о пожаре и загазованности (пожарные извещатели и газоанализаторы);
- содержание в исправном состоянии первичных средств пожаротушения;
- проведение с обслуживающим персоналом занятий,

инструктажей и тренировок с целью обучения действиям по ликвидации загораний и пожаров в начальной стадии;

- своевременное выполнение мероприятий, предписанных органами государственного пожарного надзора.

Основными современными огнетушащими веществами, применяемыми в практике пожаротушения, являются вода, двухпроцентные водные растворы ПАВ, воздушно-механические пены низкой, средней и высокой кратности, химическая пена, огнетушащие порошки, газовые составы (углекислый газ, азот, инертные газы, дымовые и отработанные газы), водяной пар, взрывчатые вещества, а также подручные средства пожаротушения.

Для тушения пожаров на объектах нефтегазовой промышленности используется следующая пожарная техника: пожарные автомобили водяного, воздушно-пенного, газовойодяного и углекислотного тушения, пеногенераторы, ручные и лафетные стволы, пожарные мотопомпы, автоцистерны, насосные станции на шасси автомобиля, автолестницы, пожарные суда и катера, стационарные и полустационарные автоматические установки, огнетушители и другое пожарное оборудование и инвентарь.

На всех объектах нефтегазового производства должны быть комплекты первичных средств пожаротушения: переносные химические огнетушители ХСП-10, ОХП-Ю, углекислотные ОУ- 2, ОУ-5, ОУ-8, порошковые ОП-1, ОП-8, ОПС-Ю, водные (ГОСТ 12.2.047-86), передвижной порошковый огнетушитель ОП-100. Пожарные щиты должны включать: ящики с песком (объемом 0. 5 м<sup>3</sup>), лом-багор, ведра пожарные, топоры, лопаты штыковые и совковые, кошмы, асбестовое полотно (размером 2x2 м), рукава пожарные и прочее. Из защитных средств должны быть: диэлектрические перчатки, шланговые противогазы ПШ-1, комплект омедненного инструмента, фонарь типа «КУЗБАСС» взрывозащищенный, защитные очки и каски, страховые и спасательные пояса.

Профилактика и тушение пожаров на объектах нефтегазовой промышленности возложены на военизированные пожарные команды. Кроме них для тушения пожаров привлекаются добровольные пожарные дружины, посты противопожарной охраны, рабочие и служащие. При возникновении крупных пожаров привлекаются силы и средства соседних буровых и



нефтепромысловых предприятий, других объектов народного хозяйства, а также силы и средства районов и городов области, а также сотрудники МЧС.

## **2.17. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ**

Конституция РФ (ст. 42) гласит: «Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии...». Достоверная информация о состоянии ОС означает получение правдивой и не вводящей в заблуждение информации об объективном состоянии отдельных мест в России, где природные явления неблагоприятны для человека как по причине его собственной деятельности (загрязнение водоемов нефтью), так и в силу стихийных катаклизмов в самой природе. Такая информация может быть получена только в результате постоянного систематического и полного наблюдения за происходящими в ОС физическими, химическими, биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферного воздуха, почв, водных бассейнов, недр и последствиями его влияния на растительный и животный мир.

Для оценки экологической обстановки и воздействия нефтегазовых объектов на все составляющие ОС необходимо осуществлять постоянное наблюдение и контроль за их состоянием, для чего проводится комплексный экологический мониторинг, который в соответствии с экологическим законодательством подразделяется на государственный и производственный. При этом выявляются производственные и социальные инфраструктуры, тенденции изменения состояния компонентов и объектов ОС в зависимости от масштабов производственной деятельности. С этой целью используются методы и аппаратура в соответствии с законом РФ «Об обеспечении единства измерений», позволяющие получать результаты с необходимой точностью измерений.

Экологический контроль над всеми видами деятельности в системе обращения с отходами осуществляется в соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей среды» и Законом «Об отходах производства и потребления».

Экологический контроль подразделяется на следующие виды:  
- государственный;



- производственный;
- общественный.

Государственный экологический контроль в РФ осуществляется федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов РФ.

Производственный экологический контроль осуществляется экологической службой предприятия в целях обеспечения выполнения мероприятий по охране ОС, рациональному использованию природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны ОС, установленных экологическим законодательством. Сведения об организации производственного экологического контроля должны представляться в органы исполнительной власти и органы местного самоуправления, осуществляющие государственный экологический контроль.

Для проведения экологического мониторинга, т.е. длительного наблюдения за состоянием ОС на объектах нефтегазового производства, организуются специально оборудованные экологические полигоны и участки для проведения научно-технологических исследований в зоне техногенного воздействия.

Система комплексного мониторинга включает в себя мониторинг атмосферы, водных сред, литомониторинг (мониторинг недр), мониторинг ландшафта и экзогенных геологических процессов.

Мониторинг атмосферы в районе нефтегазодобычи направлен на контроль за текущим состоянием загрязнения атмосферного воздуха, разработку и оценку прогноза загрязнения и выработку мероприятий по его сокращению. Организация контроля над загрязнением атмосферного воздуха должна осуществляться в соответствии с «Руководством по контролю загрязнения атмосферы», РД 52.04.186-89.

Определение количества выбросов из источников прямыми методами измерения концентрации вредных веществ и объемов газовоздушной смеси в местах выделения вредных веществ в атмосферу проводится в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-78 и РД 39-142-00.

Контроль атмосферного воздуха проводится ежедневно при работе технологического оборудования, включая трубопроводный транспорт. Для контроля атмосферного воздуха можно рекомендовать автоматический пост экологического контроля



(АПЭК) в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.6.02-85 «Газоанализаторы автоматические для контроля загрязнений атмосферы».

В соответствии с «Типовой конструкцией по организации системы контроля промышленных выбросов в атмосферу в отраслях промышленности» в число обязательных контролируемых веществ должны быть включены специфические вредные вещества - углеводороды и меркаптановые соединения. Контроль над неорганизованными выбросами легких фракций углеводородов и меркаптановыми соединениями осуществляется с помощью проведения анализа воздуха на промпло-щадке. График отбора проб составляется лабораторией и утверждается санэпидстанцией.

Инструментальными методами контролируются следующие загрязняющие вещества в выбросах в атмосферный воздух:

- оксиды серы, азота, углерода;
- углеводороды;
- летучие органические соединения.
- металлы и их соединения;
- пыль;
- сажа;
- хлор-и фторсоединения;
- мышьяк и его соединения;
- цианиды;
- вещества и препараты с канцерогенными или мутагенными свойствами;
- полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны.

Мониторинг водной среды заключается в изучении состояния вод рек, озер, водоемов, акваторий портов и др., а также контроле состава поверхностных водоемов, подземных вод. Проводится контроль над объемом и рациональным использованием природных вод, особенно над состоянием хозяйства водоснабжения, степенью очистки сточных вод. При этом определяются параметры вод: температура, цветность, прозрачность, химическое и биологическое содержание, содержание нефти и нефтепродуктов, СПАВ, химреагентов и прочее. Для этого предусматривается использование мобильных и стационарных лабораторий.

Организация регулярных режимных наблюдений за уровнем и качеством поверхностных, грунтовых и подземных вод осуществляется согласно графику ежемесячно.



Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнений отражены в ГОСТ 17.1.3.13-86, ГОСТ 17.1.3.06-82, СанПиН 46-30-88, СанПиН 2.1.4.1074-01. Контроль над качеством поверхностных вод проводится в поверхностных пунктах отбора проб воды. Грунтовые и подземные воды постоянно контролируются через сеть наблюдательных скважин согласно РД 39-3-854-83.

При сбросе очищенной воды в водные объекты контролируются следующие параметры:

- общая минерализация;
- содержание взвешенных веществ;
- биохимическое потребление кислорода (за 5 суток);
- химическое потребление кислорода;
- азот общий;
- фосфор общий;
- нефтепродукты;
- температура;
- токсичность;
- микробиологические показатели;
- специфические загрязняющие вещества.

Перед началом разведочных работ на месторождении выполняется полный химический анализ воды из близлежащих водоемов и водотоков для установления естественного (исходного) состояния водного бассейна для того, чтобы впоследствии было с чем сравнивать нарушенное состояние. Анализ проводится согласно СанПиН 2.1.4.1110-02 с обязательным определением нефтепродуктов и других загрязняющих веществ. Отбор проб воды производится в соответствии с требованиями ГОСТ 24481-80 и ГОСТ 17.1.3.07-82. Замеры уровня воды производятся электрическим уровнемером марки УЭ-50. Температура измеряется прибором марки ИТ или термометром в металлическом корпусе. Пробы воды отбираются пробоотборником или желонкой.

Наиболее опасным загрязнением подземных вод является загрязнение за счет фильтрации через покровные отложения углеводородными продуктами, промышленными сточными водами, водами в системе ППД. Поэтому, учитывая, что подземные воды обладают ценными качествами, наблюдения за режимом подземных вод проводят систематически. Замер уровня воды на водозаборе подземных вод производится 1 раз в декаду, замер дебита скважин - ежедневно, химический и бактериологический анализ воды - ежеквартально. Раз в месяц проводится

сокращенный анализ по основным загрязняющим показателям. Контролируются: сухой остаток, нефтепродукты, хлориды, сульфаты, натрий и калий, кальций, магний, pH, перманганатная окисляемость, общая жесткость, азот аммония, запах, мутность и др. Полученные данные по химическому составу, уровню подземных вод, температуре заносятся в специальный журнал режимных наблюдений. Данные постоянно сопоставляются с фоновыми показателями, и в случае обнаружения загрязнений вод принимаются меры по устранению очагов загрязнения.

Первоочередным водоохраным мероприятием является создание режимной сети наблюдательных скважин для ведения мониторинга состояния подземных вод при эксплуатации проектируемых сооружений.

Задачами режимных наблюдений являются:

- своевременное обнаружение загрязнения подземных вод;
- изучение размеров и динамики загрязнения вод во времени и по площади, т.е. определение скорости и направления распространения загрязнения;
- определение источников загрязнения и своевременное их устранение;
- получение необходимой исходной информации для проведения прогнозных расчетов изменения уровней и распространения загрязнения в подземных водах;
- ранжирование территории по степени вовлечения в хозяйственную деятельность.

Размещать наблюдательные скважины рекомендуется на наиболее напряженных в геологическом отношении участках. Наблюдательные скважины ограждаются заборами из колючей проволоки высотой 2-2,5 м. Размеры ограждения - 6х6 м. Предусматриваются ворота шириной 3 м для бурстанка или автомашины. Производится окраска скважины в красный цвет.

Наряду с созданием режимно-наблюдательной сети и производством режимных наблюдений необходимо выполнять ряд мероприятий, направленных на предупреждение или сведение загрязнения подземных вод до минимума:

- вести учет всех производственных источников загрязнения - как уже проявившихся, так и возможных;
- строго выполнять правила рекультивации земель при строительстве объектов обустройства и их эксплуатации;
- оборудовать систему сигнализации и локализации возможных аварийных выбросов и утечек вредных веществ из

технологических сооружений, ДНС, нефтепроводов и др.;

- систематически вести учет всех аварийных ситуаций, загрязняющих природную среду, с указанием места, вида, объема и последствий утечек, мероприятий по их ликвидации и сроков;

- обеспечить надлежащее техническое состояние наблюдательных скважин.

Для мониторинга почвенного покрова на территории месторождения необходимо знать не только номенклатуру и источники загрязнения, но и их миграцию в природной среде, аккумуляцию в почвенной толще. Основными задачами контроля над почвами являются: регистрация текущего уровня загрязнения, наблюдение над изменением химического состава и его прогноз, оценка возможных последствий загрязнения почв, разработка мероприятий по предотвращению и уменьшению загрязнений.

Существует два метода контроля над почвенным покровом - визуальный и инструментальный (физико-химический метод анализа). Визуальный метод используется для ежедневного наблюдения за состоянием земель. При этом производится осмотр месторождения и регистрация мест нарушения и загрязнения земель, оценка состояния растительности и т.д. Эти виды работ выполняются обходчиками и операторами.

Инструментальный метод позволяет получить количественную оценку токсикантов. Контроль ведется на эпизодических и режимных пунктах наблюдения. Эпизодические пункты уточняют источники загрязнения по сообщениям населения, требованиям вышестоящих и контролирующих организаций. Режимные пункты наблюдения устанавливаются на местах аварийных разливов, участках после захоронения отходов, территории действующих факелов, резервуаров для хранения нефти и т.д.

На загрязненных участках почвенные пробы отбирают по диагонали участка через каждые 15 м начиная от края. Глубина взятия образцов зависит от толщины гумусного слоя (обычно 20 см) и проводится по ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.3.04- 85, ГОСТ 28168-89.

Отбор фоновых проб почв производится по ГОСТ 17.4.3.01- 83 с учетом вертикальной структуры, неоднородности почвенного покрова, рельефа местности и вида угодий, а также схемы размещения промышленных объектов. Частота отбора почвенных образцов, методы определения загрязнений и состав аппаратуры для проведения анализа изложены в РД 39-0147098-95.

Оперативному обследованию с целью определения площади и

степени загрязнения почв подлежат лишь аварийно-загрязненные нефтью и нефтепромысловыми водами участки земель. При этом экоаналитической лабораторией проводится анализ водной вытяжки образцов почв, определяется содержание нефтепродуктов. Отбор проб производится не реже 1 раза в год на глубину проникновения загрязнителя.

Тяжелые металлы и радионуклиды в верхних слоях почв определяются не реже одного раза в три года силами специализированных природоохранных организаций. Место отбора образцов проб на анализ выбирают исходя из специфики образования, распространения и аккумуляции в почвах тяжелых металлов и радионуклидов. Это, как правило, территории факельного хозяйства, илонакопители, площадки складирования отобранных нефтепромысловых труб и т.д. Контроль за содержанием естественных радионуклидов в поверхностных горизонтах почв вблизи указанных выше территорий производится только в том случае, если в выбуренных породах, нефтешламах или трубных отложениях обнаруживается их превышение по отношению к содержанию в почвах, удаленных от нефтепромысловых объектов. Контролю подвергается нефть, нефтяной газ, пластовая вода, отработанный буровой раствор, буровой шлам и нефтешламы.

Мониторинг ландшафта (растительности) и экзогенных геологических процессов предусматривает изучение изменений ландшафта в процессе техногенного воздействия объектов и сооружений, выявление и предупреждение таких экзогенных процессов, как оползни, эрозия почв.

В полной зависимости от состояния растительного покрова находится и животный мир, как территорий нефтепроводов, предприятий, так и окружающих территорий. Для решения задач в области изучения животного мира проводится биологический мониторинг, складывающийся из диагностического и прогностического направлений. Наблюдение и контроль в рамках биологического мониторинга проводятся на основе единых методов сбора, хранения и выдачи данных полевых и лабораторных исследований.

Обязательным является мониторинг ОС путем аэро- и космической фотосъемки территории месторождения, а также наземной съемки технологических площадок, трасс трубопроводов, участков пересечения водоводов, трасс дорог для документирования текущего состояния территории месторождения и

любых промежуточных изменений. Съёмки проводятся 1 раз в год, фотоматериалы должны сохраняться.

Социально-экологический мониторинг предусматривает проведение исследований состояния санитарно-гигиенических нормативов в цехах, на участках нефтегазодобычи, в рабочих бригадах. Проводится изучение изменений социально-экологической сферы ближайших населенных пунктов. Данные исследования проводятся силами экоаналитической лаборатории нефтегазодобывающего предприятия и органами Санэ- пиднадзора.

Радиационный мониторинг выявляет радиологическую обстановку на территории промышленных объектов. Радиаци-

Т а б л и ц а 2.22

**Характеристика экологического оборудования**

Наименование изделия	Назначение	Техническая характеристика
Автоматический пост контроля загазованности, ПКЗ	Автоматический контроль загрязнения атмосферного воздуха и метеорологических параметров	Измеряемые параметры: CO, NO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, CH <sub>4</sub> и др.
Автоматический пост экологического контроля, АПЭК	Автоматический контроль загрязнения атмосферного воздуха в условиях Крайнего Севера	« - »
Павильон с системой жизнеобеспечения мачтой, ББ- СЖО	Размещение измерительного оборудования и работа оператора	Условия эксплуатации: температура - от -30 до +50 °С, скорость ветра - до 20 м/с
Передвижные экологические лаборатории, ПЭЛ	Измерение концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, уровня шума, экспресс-анализ физико-химических параметров воды, отбор донных отложений и почвы, контроль источников выбросов и утечек природного газа	Условия эксплуатации: температура- от -50 до +50 °С, скорость ветра - до 20 м/с



онная обстановка может характеризоваться следующими факторами:

- наличие радионуклидов в добываемой продукции;
- образование радиоактивных осадков (отложений) на внутренних поверхностях емкостей, трубопроводов, оборудования;
- технология демонтажных и ремонтных работ, приводящих к распространению радиоактивных веществ в ОС и радиационному загрязнению промышленных площадок.

Радиационный контроль проводится лабораторией радиационного контроля (ЛРК) по соответствующим методикам. Результаты контроля заносятся в протоколы измерений.

Научно-производственная фирма «ДИЭМ» специализируется по выпуску постов, лабораторий и измерительных приборов для мониторинга элементов биосферы. В табл. 2.22 приведены сведения о выпускаемых изделиях.

Готовится к выпуску новая система контроля организованных промышленных выбросов (АСКПВ), включая парниковые газы (по Киотскому протоколу), и автоматизированная система мониторинга качества воды (СМКВ) на водозаборах и после очистных сооружений (контроль наиболее характерных загрязнителей с арбитражным отбором проб при превышении порогов).

(



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Природа и ее богатства являются национальным достоянием народов России, естественной основой их устойчивого социально-экономического развития и благосостояния человека.

Многообразие объектов нефтегазового производства на всех этапах разработки и эксплуатации месторождений углеводородного сырья (разведка, бурение, добыча, транспортировка, переработка) оказывает негативное воздействие на элементы биосферы (атмосферу, поверхностные, грунтовые и подземные воды, почву, животный и растительный мир). Полностью устранить это воздействие при нефтегазодобыче невозможно, но значительно снизить его - наша задача. Поэтому главной экологической задачей является максимальное извлечение нефти и газа при приоритете естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных компонентов, обеспечение благоприятных условий для здоровья работников отрасли и будущего поколения людей, сохранение биосферы и обеспечение воспроизводства природноресурсного потенциала. Многие предприятия отрасли многолетним опытом своей работы доказали, что нефтегазодобычу можно организовать и вести в гармонии с природой, соблюдая экологическую безопасность и профессионально занимаясь природоохранной деятельностью.

Для решения экологических прикладных задач необходимо:

- стабилизировать объемы геологоразведочных работ с целью восполнения запасов нефти и газа;
- учитывать природные условия на месте размещения нефтегазового объекта (климат, водораздельные пространства, наличие сельскохозяйственных угодий, ягодников, грибных мест, охотничьих угодий, характеристики почв на территории, отводимой под объект, величину глубины водоупора и зеркала грунтовых вод, направление и скорость ветра и прочее);

#### Заключение

- учитывать характер внешних воздействий на экосистему (источники загрязнений, возможность фонтанирования нефти и газа из скважины, аварийных разливов нефти из трубопроводов, пожаров, частоту появления и скорость распространения экологических катастроф и др.);

- проводить прогнозирование и оценку предполагаемых негативных последствий в природной среде под влиянием деятельности нефтегазовых предприятий;

- организовывать оптимизацию инженерных, экономических, организационно-правовых, социальных и других решений для обеспечения экологически безопасного устойчивого развития отрасли, особенно в экологически неблагоприятных районах;

- регулярно проводить замену устаревшего оборудования и технологий на более современные;

- осуществлять постоянный контроль над ходом технологических процессов (регулировка параметров процесса, слежение за герметичностью оборудования и трубопроводов и др);

- применять безотходные (или малоотходные) технологии с замкнутыми производственными циклами;

- использовать экологически чистые материалы, химреагенты, природосберегающие и природовосстанавливающие технологические процессы и операции;

- организовывать 100%-е обезвреживание производственно-технологических отходов, утилизацию;

- проводить своевременную рекультивацию земель;

- неукоснительно соблюдать природоохранные нормативные правовые акты, нормативные акты и государственные стандарты по охране природной среды.

В частности, при строительстве скважин необходимо выполнять следующие требования:

- не допускать отступлений от проектных решений, строго выполнять полный объем природоохранных мероприятий;

- в основном использовать безамбарный метод бурения скважин со сбором и утилизацией отходов бурения; применять комплексы природоохранного оборудования в блочно-модульном исполнении (см. раздел 2.12.7);

- применять только безвредные реагенты и добавки к буровым растворам;

- обеспечивать качественное крепление скважин и долговечность крепи, разработку специальных мер по изоляции горизонтов питьевых и лечебных вод;

- сдачу скважин в эксплуатацию производить только после оборудования ее забойными клапанами-отсекателями, обеспечивающими перекрытие ствола скважины при возникновении экстренной ситуации на скважине, и др.

Предприятия по добыче нефти и газа за счет продолжительного воздействия нарушают круговорот веществ, биохимические и другие процессы, изменяют рельеф местности, режим и состав поверхностных и грунтовых вод, состав почв, загрязняют воздушный бассейн. Поэтому необходимо строго соблюдать следующие требования:

- организовывать контроль над работой технологических аппаратов;
- проводить автоматическую регулировку рабочих параметров;
- в качестве внутрипромысловых трубопроводов использовать ГПМТ с большой долговечностью и т.д.

С целью устранения разливов нефти отслужившие свой срок службы магистральные нефтегазопроводы должны быть заменены на новые. Для организации выпуска качественной продукции нефтегазоперерабатывающие заводы должны быть оснащены современным оборудованием с использованием новых технологий переработки.

В качестве примера современного подхода к экологическим проблемам и путей их решения можно привести действия работников ООО «Лукойл-Калининградморнефть». Так, первая морская ледостойкая стационарная нефтедобывающая платформа ЛСП-1 была построена в России на заводе строительных металлоконструкций в соответствии с требованиями международных стандартов системы качества ISO 9000.

Современный завод металлоконструкций построен по проекту, прошедшему государственную экологическую экспертизу, подтвердившую его безопасность для ОС. Производственные выбросы контролируются независимыми лабораториями с помощью инструментальных методов. Экологическая безопасность производства обеспечена обязательным соблюдением российских и международных стандартов. Она контролируется Ростехнадзором, Российским морским регистром судоходства и Международным классификационным обществом Германского Ллойда.

Завод оснащен современным технологическим оборудованием ведущих мировых производителей. Оборудование позволяет

### Заключение

выпускать продукцию, полностью соответствующую европейским и мировым стандартам.

Морская ледостойкая платформа - объект чрезвычайно сложный технологически и технически. Он предназначен для одновременного бурения и круглогодичной эксплуатации продуктивных скважин, сбора и подготовки пластовой продукции (рис. 2.98).

Платформа ЛСП-1 массой свыше 9,5 тыс. т представляет собой реконструкцию базового несущего корпуса ППБУ «Шельф-6». Длина платформы 90 м, ширина 65 м, высота 55 м. ЛСП-2 является стационарной платформой с жилым модулем на 120 человек (75 койко-мест) и вертолетной площадкой. ЛСП-1 и ЛСП-2 соединяются переходным мостиком.

Основные производственные процессы включает в себя:

- буровой комплекс и технологический комплекс;
- энергетический комплекс и электротехнический комплекс;
- коллективные и индивидуальные спасательные средства для эвакуации и спасения персонала, в том числе в ледовых условиях;
- швартовые грузовые и прочие необходимые по условиям эксплуатации устройства;
- системы, обеспечивающие нормальные условия эксплуатации и эффективную борьбу с взрывами и пожарами;



Рис. 2.98. Ледостойкая стационарная платформа

- системы автоматизации, контроля и управления;
- средства внешней связи, навигации и сигнализации;
- средства навигационного обеспечения, гидрометеорологического и гидрохимического наблюдения;
- комплекс охранных технических средств безопасности.

Изготовление платформы, высокоэкологичная антикоррозионная защита, сборка крупноблочных модулей производились

непосредственно на заводе с последующей транспортировкой их в море. Испытания платформы на прочность подтвердили большой запас прочности при ледовых нагрузках с толщиной льда до 3 м.

Для обеспечения безопасной эксплуатации скважин предусмотрено применение внутрискважинного оборудования фирмы «Шлюмберже». Устье скважины оборудовано фонтанной арматурой фирмы FMC.

Продукция 33 скважин (нефть, газ и пластовая вода) проходит 4 ступени сепарации нефти с нагревом на оборудовании фирмы «Brandt». Воду удаляют на трехфазных сепараторах 2-й и 3-й ступени. Нефть стабилизируется, дегидрируется, обессоливается и откачивается на плавучее нефтехранилище. Отделенная вода проходит очистку на установке подготовки воды и закачивается в поглощающие скважины. Газ в первые 3 года эксплуатации закачивается обратно в пласт, а затем будет транспортироваться на головные береговые сооружения.

На платформе применен принцип «нулевого сброса», т.е. вывоза всех отходов производства и потребления судами-снабженцами на берег для дальнейшей утилизации. На береговой базе подготовлена необходимая инфраструктура для приема и переработки отходов с получением экологически чистых продуктов переработки. В структурных подразделениях ООО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть» разработана и внедрена учетная и отчетная документация движения отходов производства и потребления, образующихся в процессе строительства и эксплуатации месторождения «Кравцовское».

Организация ведет спутниковый мониторинг загрязнения морской акватории юго-восточной части Балтики нефтепродуктами. С помощью космических радиолокаторов Европейского космического агентства (ЕКА) ERS-2 и ENVISAT осуществляется съемка поверхности моря в среднем разрешении, а в условиях чрезвычайной ситуации (появление крупного пятна) - и в высоком разрешении. Мониторинг ведется круглосуточно. Качество космической съемки при данном радиолокационном методе не зависит от погодных условий и солнечного освещения. В результате такого контроля из космоса фиксируются нефтяные пятна, не только образовавшиеся в российской акватории, но и перенесенные морскими течениями извне. Данный радиолокационный космический метод позволяет не только обнаруживать пятна, но и определять их размер, скорость, с которой они перемещаются, возможные источники появления и

### Заключение

направление движения. Для локализации и ликвидации возможных аварийных разливов нефти у платформы постоянно дежурит специальное судно «Балхан», оснащенное необходимым оборудованием для тушения пожара, спасения людей и сбора разлитой нефти.

Применение самых современных технологий и строгое соблюдение экологических требований при эксплуатации морской платформы не приводят к каким-либо негативным последствиям для таких важных отраслей экономики Калининградской области, как рыбная промышленность и рекреационный комплекс.

Кроме указанных были применены новые технические решения:

- впервые в отечественной практике на нефтяном терминале в п. Ижевское был применен принцип хранения нефтепродуктов в резервуарах под «азотной подушкой». Он исключает испарение нефтепродуктов и снижает пожароопасность объектов. Подаваемый азот связывает в общую газоуравнительную систему резервуары, автомобильную и железнодорожные эстакады и танкеры;

- практически все процессы на нефтетерминале компьютеризованы и автоматизированы;

- введена в эксплуатацию новая установка (Cool Sorption A/S, Дания) по улавливанию паров углеводородов. В основе улавливания лежит принцип двухступенчатой очистки паров нефтепродуктов. Она позволяет отводить пары углеводородов, вытесняемые во время загрузки танкеров, и утилизировать их. Очищенный воздух при этом попадает в атмосферу, а продукт, получаемый во время утилизации, через установку снова возвращается в резервуары;

- на железнодорожных цистернах во время операций по сливу продуктов используются специальные крышки с клапаном и отводом паров;

- смонтированы стендеры производства немецкой компании «ЕМКО» с отводом паров от танкера во время налива нефтепродуктов;

- введены в эксплуатацию резервуары с защитной стенкой - так называемый принцип «стакан в стакане». Он повышает устойчивость резервуаров к внешним воздействиям и обеспечивает более высокую пожарную и экологическую безопасность. В случае аварийного разрушения внутреннего (рабочего) резервуара внешний (защитный) резервуар препятствует

попаданию нефтепродуктов в почву и подземные воды;

- проводится стационарный вибромониторинг работы насосов, который позволяет своевременно обнаруживать и устранять неполадки;

- построены и действуют очистные сооружения. Абсолютно все стоки проходят очистку.

В последнее время активно происходит поиск новых путей и подходов к решению экологических проблем. Основным из таких путей в мире общепризнан экологический менеджмент - комплексная деятельность, направленная на реализацию экологических целей программ и проектов. Необходимо внедрять и строго соблюдать «Основы экологического управления предприятиями» по ИСО 14000 и «Системы управления окружающей средой» в соответствии со стандартом ГОСТ ИСО 14004-98. При этом экологическая политика рассматривается как первичный двигатель процесса внедрения, развития системы экологического менеджмента в нефтяной организации, которая нацелена на улучшение экологических показателей деятельности организации. Экологическая политика - совокупность основных принципов, намерений и обязательств предприятия, создающая основу для разработки собственных экологических целей и задач. Она должна быть документирована, известна и понятна персоналу и партнерам.

Планирование является одной из важнейших функций экологического менеджмента, позволяющей упорядочить и систематизировать возможные многочисленные мероприятия и действия, направленные на достижение экологических целей. Оно базируется на системе приоритетов, то есть отражает остроту проблем, необходимость, возможность и очередность их решения. Формулируемые цели должны быть конкретными, а задачи - измеряемыми; по возможности предпочтение должно отдаваться превентивным мерам. Выявленные при-



#### Заключение

оритетные экологические аспекты оцениваются предприятием, документируются путем составления соответствующего регистра. Регистр экологических аспектов должен последовательно уточняться, корректироваться и дополняться с учетом достигнутых результатов.

Очень важным фактором в работе любого подразделения отрасли является формирование экологической культуры, воспитание бережного отношения к природе, навыков рационального использования природных ресурсов как у руководителей, так и рабочих.

Подготовка специалистов природоохранной службы должна проводиться в специализированных УКК по повышению экологической безопасности. С целью изучения передового зарубежного опыта в области промышленной экологии необходимо организовывать поездки ведущих специалистов-экологов в зарубежные передовые нефтяные компании мира, работающие в различных природно-климатических и физико-географических условиях.

Для всех работников, связанных с нефтегазодобычей, необходимо качественное экологическое просвещение с тем, чтобы каждый понимал, что природа расплачивается за человеческую халатность и беспечность.

**Необходимо помнить о том, что сокровища природы находятся  
в руках человечества!**



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гарин В.М.* Промышленная экология: Учеб, пособие. - М., 2005. - 328 с.
2. *Розанов С.И.* Общая экология: Учебник для вузов.-СПб., 2004. - 288 с.
3. *Владимиров А.М. и др.* Охрана окружающей среды. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. -423 с.
4. *Батлук В.А.* Основы экологии и охрана окружающей природной среды: Учеб, пособие. - Львов: Афиша, 2001. - 336 с.
5. *БокрисДж. О.М.* Химия окружающей среды. - М.: Химия, 1982. - 670 с.
6. *Новиков Ю.В.* Экология, окружающая среда и человек: Учеб, пособие. - Минск: Высшая школа, 2000. - 350 с.
7. *Добровольский В.В., Гоишина Л.А.* Охрана почв / Под ред. В.В. Добровольского. - М.: МГУ, 1985. - 224 с.
8. *Кабата-Пендиас А.* Макроэлементы в почвах и растениях. - М.: Мир, 1989. - 439 с.
9. *Рамад Ф.* Основы прикладной экологии. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1981.-543 с.
10. *Ревель П., Ревель Ч.* Среда нашего обитания. В 4-х томах. Том 3. Энергетические проблемы человечества. - М.: Мир, 1995. - 291 с.
11. *Алымов В.Т., Тарасова Н.П.* Техногенный риск. Анализ и оценка: Учеб, пособие для вузов. - М.: Академкнига, 2006. - 118 с.
12. *Панов Г.Е.* Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. - М.: Прогресс, 2008.
13. Охрана окружающей среды в нефтяной промышленности: Учебно-метод. пособие. - М., 1994.
14. *Ангелопуло О.К., Балаба В.И., Коптыгина Т.И.* Экологические проблемы строительства скважин: Учебно-метод. пособие. - М.: ГАНГ им. И.М. Губкина, 1996.
15. *Балаба В.И.* Общие требования промышленной безопасности: Учеб, пособие. - М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003.
16. *Будников В.Ф., Булатов А.И., Макаренко П.П.* Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. - М.: Недрa, 1997. -483 с.
17. *Аржанов М.Ф., Кагарманов И. П., Мельников А. П., Карпенко - И.Н., Кравец Ю.А.* Справочник нефтяника. - Самара, 2007. - 431 с.

18. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. - Ноосфера, 2001. - 56 с.

19. Гусейнов Т.И., Алекберов Ф.Э. Охрана природы при освоении морских нефтегазовых месторождений. - М.: Недра, 1989.

20. Агзамов Ф.А., Измухамбеков Б.И. Долговечность тампонажного камня в коррозионных средах. - СПб.: Недра, 2005. - 318с.

21. Быков И.Ю. Техника экологической защиты Крайнего Севера при строительстве скважин - Л.: Издательство Ленинградского университета, 1991. - 240 с.

22. Булатов А.И., Левшин В.А., Шеметов В.Ю. Методы и техника очистки и утилизации отходов бурения. - М.: ВНИИОЭНГ, 1989. - 56 с. - (Обзор информ. Сер. Борьба с коррозией и защита окружающей среды).

23. Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Круглов С. А. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки: Учеб, пособие для вузов. - М.: Недра-Бизнесцентр, 2002. - 227 с.

24. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин: Учеб, для вузов. - М.: Недра-Бизнесцентр, 2000. - 679 с.

25. Гоей Ф. Добыча нефти. - М.: Олимп-Бизнес, 2004. - 416 с.

26. Шлыгин И.А. и др. Исследование процессов при сбросе отходов в море. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. - 123 с.

27. Гальперин М.В. Экологические основы природопользования: Учебник. - ФОРУМ, ИНФРА-М, 2003. - 256 с. (Сер. Профессиональное образование).

28. Воронцов В.Н. Открытые горные выработки в подготовительных работах при обустройстве нефтегазовых месторождений Среднего Приобья. - Сургут, 1999.

29. Полигон по утилизации и переработке отходов бурения и нефтедобычи: Принципиальные технологические решения. Кн. 1. Разработка принципиальных технологических процессов разделения нефтешламов. - Сургут, 1996.

30. Полигон по утилизации и переработке отходов бурения и нефтедобычи: Принципиальные технологические решения. Кн. 2. Разработка принципиальных технологических решений по обезвреживанию шламовых амбаров и нефтезагрязненного грунта. - Сургут, 1966.

31. Полигон по утилизации и переработке отходов бурения и нефтедобычи: Принципиальные технологические решения.

Кн. 3. Разработка принципиальных технологических решений по обезвреживанию и утилизации буровых шламов и нефтезагрязненных песков. - Сургут, 1996.

32. *Баширов В.В. и др.* Техника и технология поэтапного удаления и переработки амбарных шламов. - М., 1992.

33. *Шеметов В.Ю.* Ликвидация шламовых амбаров при строительстве скважин. - М.: ВНИИОЭНГ, 1989. - 33 с. (Обзор, ин-форм. Сер. Борьба с коррозией и защита окружающей среды).

34. *Сироткина Е.Е.* Применение ультрадисперсных оксидных адсорбентов для очистки нефтесодержащих сточных вод / Е.Е. Сироткина, В.Г. Иванов, Е.А. Глазкова и др. // Нефтехимия. - 1998. - Т. 38. - №2.

35. *Танатаров М.А. и др.* Опыт утилизации нефтешламов ЛПДС «Черкаassy» // Промышленные и бытовые отходы. Проблемы и решения: Мат. конф. 4.1. - Уфа, 1996.

36. *Позднышев Г.Н., Сергеева Л.М.* Извлечение нефти из замасленных грунтов: Тез. докл. Всесоюзной конф. по проблемам комплексного освоения природных битумов и высоковязких нефтей. - Казань, 1991.

37. *Онегова Т.С., Жданова Н.В., Садыков У.Н.* (ДООО «БашНИПИНефть» ОАО «АНК Башнефть»), Биологическая очистка водной поверхности и грунтов от нефтяных загрязнений. - Интервал. - №3 (50). - С. 32-34.

38. *Шелепов В.В., Позднышев Г.Н., Король В.В.* (ОАО НПО «ОТО»). Перспективные разработки по ликвидации последствий аварийных разливов нефти, переработке нефтешламов и очистке резервуаров от донных осадков. - Интервал. - №11. - С. 4-7. - 2003.

39. *Король В.В., Позднышев Г.Н., Маньрин В.Н.* Утилизация отходов бурения скважин // Экология и промышленность России. - №1. - 2005. - С. 40-42.

40. *Туманин В.* Что делать с нефтешламами? // РОСИНГ. - №4(008). - С. 8. - 2003.

41. *Фишман В.* Как бороться с разливами нефти? // РОСИНГ. - №5(009). - С. 8. - 2003.

42. *Николаев В.* Как защитить почву от разливов нефти? // РОСИНГ. - №6 (010). - С. 17. - 2004.

43. *Коновалова П.* Почву можно спасти: о технологии отмывки грунта от нефтепродуктов. // РОСИНГ. - №8 (012). - С. 17. - 2004.

44. *Карасев В.* Нефтяные разливы в Западной Сибири //

РОСИНГ. - №2. - С. 14. - 2004.

Библиографический список

45. *Светличное К.В.* Основы надежности и долговечности объектов трубопроводного транспорта: Учеб, пособие. - Самара: Самар, гос. техн. ун-т, 2006. - 187 с.
46. Технологические отходы бурения, системы сбора, способы очистки, утилизации и ликвидации их. Метод указ, по курсу «Охрана окружающей среды при бурении нефтяных и газовых скважин / Самар, гос. техн. ун-т. Сост. Н.Ф. Побежимов. - Самара, 2001. - 32 с.
47. *Ягофарова Г.Г., Мавлютов М.Р., Баряхнина В.Б.* Биотехнологический способ утилизации нефтешламов и буровых отходов // Горный вестник. - №4. - 1998. - С. 43-46.
48. Закон РФ «Об охране окружающей среды» №7 - ФЗ от 10 января 2002 г.
49. Закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов №116 - ФЗ от 21.07.97.
50. ПБ 08-623-03 «Правила безопасности при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе». - М.: Госгортехнадзор России, 2003.
51. ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (утверждено постановлением Госгортехнадзора РФ от 5 июня 2003 г. №56).
52. ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (Постановление Госгортехнадзора РФ от 10 июня 2003 г. №80).
53. ПБ 03-576-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (Постановление Госгортехнадзора от 11.06.03. №91).
54. Патент РФ № 2093478 от 20.10.97. Ягофарова Г.Г., Мавлютов М.Р., Баряхнина В.Б. и др. Способ очистки почвы и воды от нефти, нефтепродуктов и полимерных добавок в буровой раствор, Б.И. № 29. - 282 с.
55. ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.
56. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества.
57. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб.
58. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
59. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
60. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность.

61. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
62. ГОСТ 17.1.3.04-80. Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования.
63. ГОСТ 17.2.3.02-78. Атмосфера. Концентрация допустимых выбросов вредных веществ промышленности.
64. ГОСТ 17.2.6.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Приборы для отбора воздуха населенных пунктов. Общие технические требования.
65. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества (утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 26 сентября 2001 г. №24).
66. СанПиН 2.1.4.1110-02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения (Постановление Главного санитарного врача РФ от 14 марта 2002 г. №10).
67. Водный кодекс РФ (ФЗ №74-ФЗ от 03.06.2006 г).
68. РД 153-39.4-039-99. Нормы проектирования электрохимической защиты магистральных трубопроводов и площадок МН. Утв. Приказом Министерства топлива и энергетики РФ 12.08.1999 г. № 274.
69. РД 08-254-98 Инструкция по предупреждению газонефтеводопроявлений и открытых фонтанов при строительстве и ремонте скважин в нефтяной и газовой промышленности. - М.: Госгортехнадзор России, 1998.
70. РД 39-133-94 Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ на суше. - М.: Роснефть, 1994.
71. РД 51-1-96 Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на суше на месторождениях углеводородов поликомпонентного состава, в том числе сероводородосодержащих. - М.: Минтопэнерго РФ, 1998.
72. РД 03-418-01 Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (Утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 10 июля 2001 г. №911).
73. Федеральный классификационный каталог отходов (утв. Приказом МПР РФ от 2 декабря 2002 г. №786 с изменениями от 30 июля 2003 г.).

*Для заметок*



# СОДЕРЖАНИЕ

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	5
<b>ГЛАВА I</b>	
<b>ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ .....</b>	<b>8</b>
1.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ.....	11
1.2. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ .....	14
1.3. КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ НА ЗЕМЛЕ .....	17
1.4. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ .....	19
1.5. ЭНЕРГЕТИКА.....	21
1.6. НАРОДОНАСЕЛЕНИЕ.....	29
1.7. УРБАНИЗАЦИЯ.....	34
1.8. ЗАКОНЫ ЭКОЛОГИИ Б. КОММОНЕРА .....	36
1.9. СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ .....	37
1.10. ТЕХНОГЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ .....	38
1.11. АНТРОПОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	41
1.12. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОСФЕРУ	
45	
1.12.1. Общая характеристика гидросферы .....	46
1.12.2. Загрязнение водных ресурсов.....	49
1.12.3. Загрязнение поверхностных вод .....	51

### **Содержание**

1.12.4.	Загрязнение подземных вод .....	54
1.12.5.	Виды загрязнений вод .....	58
1.12.6.	Меры борьбы с загрязнением вод .....	60
1.13.	<b>АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛИТОСФЕРУ</b> 62	
1.13.1.	Общая характеристика литосферы .....	62
1.13.2.	Рациональное использование недр .....	63
1.13.3.	Охрана недр .....	65
1.13.4.	Воздействия на почву .....	66
1.13.5.	Защита земель .....	69
1.14.	<b>АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРУ</b> .....	72
1.14.1.	Общая характеристика атмосферы .....	72
1.14.2.	Загрязнения атмосферного воздуха .....	73
1.14.3.	Источники загрязнения атмосферы .....	75
1.14.4.	Глобальные экологические последствия загрязнения атмосферы .....	78
1.14.5.	Защита атмосферы .....	85
1.15.	<b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В САМАРЕ</b> .....	88

## **ГЛАВА II ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ .....**

92

2.1.	<b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА</b> .....	93
2.2.	<b>ЗАГРЯЗНИТЕЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА</b> 99	
2.3.	<b>ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ</b> .....	104
2.3.1.	Нефть и нефтепродукты .....	104
2.3.2.	Газы .....	107
2.4.	<b>СТРУКТУРА ПРИРОДООХРАННЫХ ОРГАНОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> .....	112
2.5.	<b>ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН</b> .....	115

#### Экология нефтегазового производства

2.5.1. Источники загрязнения.....	118
2.5.2. Требования по защите окружающей среды от загрязнений на буровой площадке.....	127
2.5.3. Строительство земляных амбаров .....	130
2.5.4. Контейнерный способ сбора отходов .....	133
2.5.5. Расчет отходов бурения .....	135
2.5.6. Осложнения и аварии .....	138
2.5.7. Цементирование колонн.....	142
2.5.8. Загрязнение водных ресурсов.....	146
2.5.9. Загрязнение почв .....	150
2.5.10. Загрязнение атмосферы .....	153
<b>2.6. ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ .....</b>	<b>158</b>
2.6.1. Виды техногенного воздействия .....	158
2.6.2. Охрана окружающей среды при ремонте скважин.....	164
2.6.3. Охрана водных бассейнов на промыслах .....	170
2.6.4. Загрязнения при ППД.....	174
2.6.5. Охрана почвенно-растительного покрова .....	177
2.6.6. Охрана воздушной среды .....	182
<b>2.7. ОХРАНА НЕДР ПРИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕ .....</b>	<b>187</b>
2.7.1. Охрана недр при строительстве скважин .....	187
2.7.2. Охрана недр при эксплуатации скважин.....	190
2.7.3. Консервация скважин .....	191
2.7.4. Ликвидация скважин .....	195
<b>2.8. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ТРУБОПРОВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ .....</b>	<b>199</b>
2.8.1. Характеристика трубопроводного транспорта.....	199
2.8.2. Источники загрязнений .....	204
2.8.3. Разливы нефти .....	209
2.8.4. Локализация разливов нефти .....	213
2.8.5. Ликвидация последствий разливов нефти .....	223
<b>2.9. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ .....</b>	<b>232</b>
<b>2.10. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ .....</b>	<b>239</b>
<b>2.11. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ .....</b>	<b>252</b>
<b>2.12. УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЕШЛАМОВ .....</b>	<b>265</b>
2.12.1. Токсикологическая характеристика шламов .....	266

## Содержание

2.12.2.	Методы утилизации.....	269
2.12.3.	Утилизация буровых отходов.....	278
2.12.4.	Утилизация амбарных нефтешламов.....	285
2.12.5.	Отмыв шламов водой.....	288
2.12.6.	Утилизация шламов нефтепереработки.....	291
2.12.7.	Методы комплексной переработки шламов.....	296
2.12.8.	Применение нефтешламов в качестве сырья.....	301
2.12.9.	Захоронение отходов бурения.....	307
2.12.10.	Утилизация смазочных материалов.....	313
2.12.11.	Дезактивация радиоактивных шламов пластовых вод.....	318
2.13.	ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА.....	321
2.14.	ШУМОВОЕ И ВИБРАЦИОННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ.....	325
2.15.	НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИРОВОГО ОКЕАНА.....	328
2.15.1.	Общая характеристика морских загрязнений.....	328
2.15.2.	Загрязнение морских вод при бурении скважин.....	332
2.15.3.	Обезвреживание буровых отходов.....	338
2.15.4.	Загрязнения при добыче нефти.....	348
2.15.5.	Аварии при транспортировке нефти.....	350
2.15.6.	Загрязнения выносом рек.....	356
2.15.7.	Локализация и сбор разлитой нефти.....	358
2.15.8.	Негативное влияние нефти на морскую среду.....	370
2.16.	ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ.....	377
2.17.	ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ.....	383
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	392
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	400

# КНИГИ ПОЧТОЙ

Заказ можно сделать  
на сайте издательства

[www.infra-e.ru](http://www.infra-e.ru)



БИБЛИОТЕКА НЕФТЕГАЗОДОБЫТЧИКА И  
ЕГО ПОДРЯДЧИКОВ (SERVICE)

№ н/п	Наименование издания	Кол- во
1	Справочник промышленного мастера <i>Добыча нефти, газа и конденсата в 2-х томах</i>	
2	Справочник бурового мастера - в 2-х томах	
3	Справочник мастера по опробованию (испытанию) скважин	
4	Справочник мастера по подготовке газа	
5	Справочник мастера по подготовке и стабилизации нефти	
6	Справочник мастера по ремонту скважин (капитальному, подземному)	
7	Справочник мастера по ремонту нефтегазового технологического оборудования - в 2-х томах	
8	Справочник мастера по эксплуатации оборудования газовых объектов в 2-х томах	
9	Справочник мастера по промысловой геофизике	
10	Справочник геолога нефтегазоразведки: нефтегазопромысловая геология и гидрогеология	
11	Справочник мастера строительно-монтажных работ <i>Строительство нефтегазопроводов, хранилищ, терминалов, компрессорных; монтаж наземного промышленного оборудования и сооружений</i>	
12	Справочник мастера погрузочно-разгрузочных работ <i>Складское хозяйство, трубные базы, площадки комплектации технологического оборудования</i>	
13	Справочник дорожного мастера <i>Строительство, эксплуатация и ремонт дорог</i>	
14	Справочник инженера предприятия технологического транспорта и спецтехники в 2-х томах	
15	Справочник инженера по вышкостроению	
16	Справочник инженера по поддержанию пластового давления	
17	Справочник инженера по исследованию скважин	
18	Справочник инженера по эксплуатации нефтегазопроводов и продуктопроводов	
19	Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей <i>Автономное и централизованное энергоснабжение промыслов</i>	
20	Справочник промышленного (цехового) энергетика	
21	Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике	
22	Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка	
23	Справочник инженера по борьбе с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов и ликвидации открытых нефтяных и газовых фонтанов	
24	Справочник инженера пожарной охраны	
25	Справочник инженера по охране окружающей среды (эколог)	
26	Справочник инженера по охране труда	

**ПОДАВАЛОВ Юрий Александрович**

ЭКОЛОГИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Монография*

Руководитель проекта  
**К.Н. Уваров**

Главный редактор  
**О.М. Зеленина**

Верстка  
**А.С. Яцев**

Подписано в печать 3.05.2010.

Формат 84x108/32. Бумага офсетная.

Гарнитура «Прагматика».

Объем 22,5 печ. л.

Тираж 1200 экз. Заказ №2124.

**Издательство «Инфра-Инженерия»**

Тел.: 8(911)512-48-48

Е-mail: [infra-e@yandex.ru](mailto:infra-e@yandex.ru)

[www.infra-e.ru](http://www.infra-e.ru)

Отпечатано в ООО ПФ «Полиграф-Книга»,

160001, г. Вологда, ул. Челоскинцев, 3.

Тел.: 8(817-2) 72-61-75; 8(817-2) 72-60-63.

***Издательство «Инфра-Инженерия»  
приглашает к сотрудничеству авторов  
научно-технической литературы.***



**ПОДАВАЛОВ Юрий Александрович**