

С.Л. ДАВЫДОВА, В.И. ТАГАСОВ

НЕФТЬ КАК ТОПЛИВНЫЙ РЕСУРС И ЗАГРЯЗНИТЕЛЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебное пособие



Москва
Издательство Российского университета дружбы народов
2004

ББК 35.514

Д 13

Утверждено
РИС Ученого совета
Российского университета
дружбы народов

Рецензент –

главный специалист Института нефтехимического синтеза РАН
кандидат технических наук *Ю.П. Суворов*

Давыдова С.Л., Тагасов В.И.

Д 13 Нефть как топливный ресурс и загрязнитель окружающей среды: Учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 131 с.: ил.

ISBN 5-209-01647-1

В пособии рассматриваются актуальные проблемы взаимоотношения важнейшего ресурса РФ – нефти и нефтепродуктов – с окружающей природной средой. Дается сравнительная характеристика экосостояния в России и зарубежных странах, в том числе пути попадания нефтяной продукции в разные сферы и возможные пути их нейтрализации. Приводятся главные аспекты токсикологии углеводородных, гетероциклических и металлосодержащих составляющих нефти и нефтепродуктов. Описываются схемы использования нефтепродуктов для топливных нужд армии. Сравняются данные по добыче и использованию «черного золота», нефтяных газов и новых источников энергии на ближайшую перспективу.

Для студентов и аспирантов экологических и химико-технологических факультетов высших учебных заведений, преподавателей и научных работников, специализирующихся в области рационального природопользования.

ISBN 5-209-01647-1

ББК 35.514

© Издательство Российского университета
дружбы народов, 2004

© С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов, 2004

В в е д е н и е

О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Тепла, тепла, больше тепла! Умирают
от холода, а не от темноты.

М. Уисмуни

Взаимоотношения человека и Природы носят сложный характер и нуждаются в тщательном и системном изучении. Успехи человечества в потреблении природных ресурсов, в том числе нефти, зависят от познания законов природы, умелой добычи и использования. Человечество как часть Природы может существовать только в постоянном взаимодействии с ней, получая все необходимое для жизни. Но современные масштабы и способы использования нефтегазовых ресурсов таковы, что уже нарушается естественное равновесие – биосфере грозит потеря своего основного свойства самовозобновления.

Людам для дальнейшего существования необходимо заботиться о сохранении окружающей среды. Впредь человечество не может развиваться бездумно, эпоха стихийного развития закончилась; начинается новая эра развития, управляемого человеком. ООН провозгласила целью мирового сообщества устойчивое развитие, при котором удовлетворение основных жизненных потребностей нынешнего поколения не должно лишать такой возможности последующие поколения.

Если цель Природы – выдвинуть человека для сохранения биосферы – не будет реализована, то цивилизация исчезнет

как тупиковая ветвь эволюции. Изменить траекторию развития сможет новое поколение людей с высоким уровнем экологической культуры, познавших объективные законы развития и убежденных в возможности реализации эволюционным путем социального прогресса, совместимого с биосферой. Необходимо вспомнить слова великого композитора П.И. Чайковского: «Могущество страны не только в одном материальном богатстве, но и в духе народа; чем шире эта душа, тем большего величия и силы достигает государство. А что воспитывает широту духа, как не удивительная Природа? Ее надо беречь, как саму жизнь человека. Потомки никогда не простят нам опустошения Земли, надругательства над тем, что по праву принадлежит не только нам, но и им».

Приведем (в сокращении) «Экологический манифест», провозглашенный выдающимся экологом Н.Ф. Рейерсом в 2000 г.: «Природа! Тысячелетиями мы боролись с ней, преобразовывали, нещадно уничтожали ту, что до сих пор терпеливо кормит нас, дает жизнь новым поколениям людей.

Тысячелетиями мы лицемерно взываем: «Люби ближнего!», рассуждаем о благе для всех. И столько же лет уничтожаем себе подобных, среду жизни человечества – саму основу его существования. В конце этого пути мы преклонили колена перед истуканом техники, не заметив, что уже не прежняя, а измененная нами Природа довлечет над нами. Брошенный нами бумеранг возвращается, мы сами занесли меч над собственной головой.

Миллион транзисторов не заменит куска хлеба голодному, миллиард телевизоров не спасет от жажды, триллион автомашин не даст глотка воздуха задыхающемуся. Выбрасывать 98% используемого природного вещества и потреблять из него не более 2% – не лучшая стратегия развития.

Если химия умеет все, то прежде всего – убивать. Пестициды уничтожают не только вредителей, они угрожают всему живому на Земле и прежде всего человеку. Химизация сель-

ского хозяйства привела в тупик, тут война с Природой проиграна, нужны новые пути к изобилию.

Физика Земли должна быть неизменной, атом войны – это вечная зима, испепеляющий планету ураган. Пусть он остается в стенах ядерных реакторов. Шум – враг номер один. Он физический наркотик, калечит тело и душу. Миру нужна тишина! Радиоволны несут одну информацию и разрушают другую – генетическую. Они способны уничтожить банк данных жизни, им место лишь в закрытых каналах связи.

Мировая свалка и сточная яма – океан – уже задыхается от грязи, теряет способность самоочищения. В наших интересах сохранить его чистоту. Артерии планеты – реки – не должны вснухать тромбами. Вода – кровь Земли – должна течь хрустальными струями, а не гнить в грязных потоках. Почва – это кожа Земли. Эрозия ее разрушает, химия травит, свалки душат. Без почвы нет и не будет процветания. И без «братьев наших меньших» мы не сможем существовать. Сеть жизни едина, и человек – лишь ее звено.

Биотехнология – великое достижение, но и она несет с собой массу угроз. Закон экологии гласит: уничтожая вредоносное и порождая новое, мы вытесняем старое, возможно, более нужное всем нам. Это старое может быть и генетическим наследием предков, т. е. тем, что только и дает нам способность выжить. Лишь естественная чистая пища – залог крепкого здоровья.

Безмерные возможности планеты – неумный и вредный миф. Мы живем на малом космическом теле, любая часть которого не может быть бесконечной. Но Природе нужна наша защита, а нам необходимо ее покровительство: чистый воздух, чтобы дышать; кристальная вода, чтобы пить; вся Природа, чтобы жить.

Природа была и всегда будет сильнее человека, ибо она его породила. Он – лишь миг в ее жизни, она же вечна и бесконечна, и человек для нее – деталь. А потому – не вреди Природе!

Но мы обманываем себя, идем в грядущее через минное поле опасных изобретений, заморочили себе голову псевдопрогрессом, в котором не осталось ни грамма гуманизма. Кругом подсовывается бездумная технизация под видом научно-технической революции, и никто не ведает, что будет с планетой завтра, через час, через минуту...

Грядет новая эпоха. На пороге – глобальная революция, мирная экологическая революция, и ее цель – выживание и благополучие человека. Это революция гуманизма, путь счастья, здоровья, мира и радости для всей планеты. Всё – для блага людей.

Прислушайтесь! И сквозь рев моторов и транзисторов вы услышите журчание ручьев, шелест травы, неповторимую, звенящую тишину природы. Это и есть ресурсы, условия жизни и работы. В конечном счете – это фундамент экономического процветания и социального благополучия. Но угроза нависла над всем этим, призрак экологического кризиса стал грозной явью. Его тяжелая поступь слышна в аномалиях климата, в опустынивании планеты, в кислотных осадках.

Биосфера серьезно больна, ее поразило вмешательство человека в ее жизнь. Помимо острых, всем очевидных невзгод подкрадывается хроническая болезнь нарушения экологического равновесия, искажения биогеохимических циклов. Ибо безумная техника сминает Природу, кромсает биосферу, давит человечество, травит Землю.

Смог, удушающий людей, озоновые дыры над полюсами и чума XX в. ВИЧ (СПИД) – достаточные тому доказательства. В обращении с планетой, с самим человеком нужны глубокие знания и мудрая осторожность. Век безоглядной эксплуатации и человека человеком, и Природы человеком позади. Природа требует воспроизводства, и в особой заботе нуждается человек. Экономика перестала быть единственной общественной целью! Не безвременно скончаться богатыми, а жить, пользуясь благами природы и цивилизации – вот задача людей. Не-

лепо призывать к отказу от успехов физики и химии, любых других наук, нам по пути с техническими новшествами. Но только с теми, что возникают не за счет горя людей и беспроектности будущего человечества.

Мы – за науку и технику здоровья и жизни.

Мы – против техники и науки разрушения.

И люди обязаны знать правду о состоянии своего Дома, ибо его сохранение в их интересах.

В области экологии:

- самое малое отклонение должно быть известно всем;
- опасное немногим требует пристального внимания;
- несущее вред сотням достойно осуждения;
- угрожающее тысячам требует пресечения;
- тревожащее миллионы должно быть уничтожено;
- грозящее миру и планете – вне закона;
- вредное одному виду живого не может быть безразличным для других и прежде всего для человека;
- благо для одних не должно оборачиваться горем для остальных;
- любой терроризм бессмыслен, с его помощью не решить никаких проблем.

Мы «улучшаем» Природу, забыв, что сами нуждаемся в улучшении. Мы тратим миллиарды, возводя плотины на реках. Куда больше средств и сил мы положили на создание барьеров между людьми. Плотины на реках лишают нас рыбы, но дают хотя бы электричество и воду для полива. Барьеры между людьми не дают ничего, кроме людского горя.

Не Природа требует дальнейшего преобразования, а человечество нуждается в новых условиях жизни (курсив наш. – С.Д.).

Всегда что-то происходит за счет чего-то, нужно думать и считать, что получаем и что теряем. Создавай осторожно и разумно, с оглядкой на человека, на мир людей и природы. О разрушении и так позаботится время... Светлая цель оправды-

вает любые условия. Объединимся же под знаком мудрости экологического гуманизма.

Скажем нет:

- любым войнам;
- любым битвам с Природой, под какими личинами благого преобразовательства они бы ни скрывались;
- безграмотному технократизму в природопользовании;
- всему, что грозит биосфере Земли, угрожает людям, каждому человеку.

Скажем да:

- миру и спокойствию;
 - любви и уважению к Природе;
 - фундаменту и условиям человеческой жизни;
 - сохранению биосферы того типа, в которой возник и развивался Человек разумный;
 - максимальному сбережению видов живого, мест их обитания, всей природоохранной политике;
 - вниманию к человеку, к каждому;
 - ресурсосберегающим, экономным и малоотходным технологиям;
 - «замкнутым» циклам производства;
 - новым путям развития сельского хозяйства;
 - заводам без дыма, фабрикам без ядовитых стоков, автомашинам без удушливого выхлопа;
 - разуму и науке, осторожности и мудрости;
 - экологической культуре;
 - зеленый свет всему, что сберегает ресурсы жизни.
- Стоп любому, кто транжирит ресурсы* Земли!»

* В том числе и нефтяные ресурсы.

ОСОБЕННОСТИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

И отделить одних от других, как пастырь отделяет овец от козлов.

Евангелие от Матфея

Что такое сырая нефть? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно прежде всего сказать, чем она не является.

Нефть – не индивидуальное химическое соединение, а смесь соединений; если ее нагреть до температуры кипения, отогнать по возможности летучее и выдержать в этом состоянии, то нефть полностью не испарится – останется тяжелый нефтяной остаток.

По составу сырая нефть – смесь нескольких тысяч разных соединений: очень простых (например, метан CH_4) и очень сложных (например, порфирины $C_{90}H_{34}N_4$).

В табл. 1 представлены фракции нефти, отделяемые при ее перегонке.

Таблица 1

Фракции нефти, отделяемые при ее перегонке

Температура кипения, °С	Фракции углеводородные
Менее 32	Газы (бутан и более легкие)
32–105	Бензин (газолин)
105–160	Нафта (тяжелый бензин, бензинолигроиновая фракция, лигроин)
160–230	Керосин
230–430	Газойль
Выше 430	Остаток (мазут)

Нефти сильно различаются по составу. В легких нефтях обычно больше бензина, нафты и керосина, а в тяжелых – газойля и мазута. Чем выше границы кипения фракции, тем она тяжелее.

Один из параметров, по которому могут различаться сырые нефти, – это содержание серы. Природа наделила сырую нефть таким свойством, как переменное количество серы в зависимости от типа нефти. Она химически связана с молекулами углеводородов не в виде элементной серы, а в виде ее соединений. Соединения такого типа не так легко разделить. По принятой в настоящее время классификации малосернистые нефти содержат не более 0,5 масс.% серы, а кислые (сернистые) – не менее 2,5 масс.%; есть нефти с промежуточным содержанием серы.

В нефти также присутствуют кислород-, азот- и фосфор-содержащие органические соединения.

Периодическая перегонка в перегонном кубе не годится для переработки тысяч тонн сырой нефти в день, тем более, если нужно разделить нефть на 5–6 компонентов. Ректификационные колонны позволяют проводить эту операцию постоянно, используя гораздо меньше энергии в виде топлива и тепла. В ректификационной колонне внутрь поступает сырая нефть, а наружу выходят углеводородные газы – бутан и более легкие, бензин, нафта (лигроин), керосин, легкий газойль, тяжелый газойль и остается кубовый остаток. Для работы колонны необходим сырьевой насос, перекачивающий сырую нефть из складского резервуара в систему. Сначала нефть проходит через печь, в которой нагревается до температуры порядка 385 °С, при которой, как правило, испаряется больше половины нефти. Полученная таким образом смесь жидкости и паров подается снизу в ректификационную колонну. Внутри ректификационной колонны находится набор тарелок, в которых проделаны отверстия; по ним нефть поднимается вверх. Когда смесь пара и жидкости продвигается по колонне, то бо-

лее плотная и тяжелая часть отделяется и опускается вниз, а легкие пары поднимаются вверх.

Отверстия в тарелках снабжены барботажными колпачками, чтобы пары, поднимающиеся через тарелки, барботировали через слой жидкости толщиной около 10 см, находящейся на тарелке. Это пробулькивание газа через слой жидкости и составляет суть ректификации: горячие пары (при температуре не ниже 400 °С) проходят через жидкость, тепло передается от паров к жидкости, пузырьки пара несколько охлаждаются, и часть углеводородов из них переходит в жидкое состояние. По мере переноса тепла от паров к жидкости температура паров снижается, а так как температура жидкости ниже, некоторые соединения в парах конденсируются. После того как пары прошли через слой жидкости и потеряли часть более тяжелых углеводородов, они поднимаются к следующим тарелкам, где многократно повторяется тот же процесс.

Тем временем количество жидкости на каждой тарелке растет за счет углеводородов, конденсирующихся из паров. Сливные стаканы, устанавливаемые в колонне, позволяют избытку жидкости перетекать вниз на предшествующую тарелку. Число тарелок должно быть таким, чтобы общее количество продуктов, выходящих из ректификационной колонны, было равным количеству сырой нефти, поступающей внутрь. В действительности некоторая часть пара поднимается на несколько тарелок вверх, затем конденсируется и стекает уже как жидкость на несколько тарелок вниз через сливные стаканы. Именно эта промывка пара жидкостью за счет противотока и обеспечивает четкое разделение фракций. На различных уровнях колонны имеются боковые отводы для отбора фракций. Более легкие продукты отбираются в верхней, а тяжелая жидкость – в нижней части колонны.

Чтобы тяжелые продукты случайно не уносились в верхнюю часть колонны вместе с легкими фракциями, пары перио-

дически направляют в холодильник, и вещества, которые в нем конденсируются, снова поступают на одну из расположенных ниже тарелок. Это так называемое орошение ректификационной колонны. Орошение и повторное испарение могут использоваться и в средней части колонны, что тоже способствует эффективному разделению.

При перегонке нефти принципиально важной характеристикой являются границы кипения фракций. Температура, при которой продукт (фракция, погон) начинает кипеть, называется *точкой начала кипения*, а температура, при которой 100% данной фракции испарилось, называется *точкой выкипания* этой фракции. Таким образом каждая фракция имеет две границы. Эти две точки могут отличаться в зависимости от того, насколько хорошо разделение обеспечивает процесс ректификации. Естественно, процесс перегонки не идеален и приводит к появлению «хвостов» (это обычное явление). Переработчики пришли к компромиссу: в качестве границ фракций при перегонке берут так называемые *эффективные границы кипения*, т. е. температуры, при которых фракции условно считают разделенными.

В применении к каждой конкретной ректификационной колонне эти границы могут несколько смещаться. Например, смещение границы от 157 до 162 °С между нефтью (лигроном) и керосином может иметь следующие последствия. Во-первых, изменяются объемы продуктов ректификации, выходящих из колонны: получится больше нефти и меньше керосина, и фракция от 157 до 162 °С будет выходить через отверстие для нефти, а не для керосина. При этом плотность и нефти (лигроина), и керосина увеличивается. Погон, который теперь переместился во фракцию нефти (лигроина), в среднем тяжелее, чем нефть, и легче, чем керосин. Также изменяются и некоторые другие свойства.

Легкие фракции, выходящие в верхней части колонны (верхний погон), поступают на установку газофракционирова-

ния. Прямогонный бензин отправляется на компаундирование для получения автомобильного бензина. Нафта (лигроин) подается на установку риформинга; керосин поступает на установку гидроочистки; легкий газойль направляется на смешение для получения дистиллятного (дизельного) топлива; тяжелый газойль служит сырьем для каталитического крекинга; наконец, прямогонный остаток подается на вакуумную перегонку.

Бензин – наиболее широко известная смесь углеводородов, тем не менее о его свойствах знают мало. Это объясняется, по-видимому, тем, что давление со стороны конкурентов заставляет производителей выпускать вполне пригодный для использования продукт, а если продукт пригоден, покупатель перестает интересоваться причинами его пригодности.

Две наиболее важные переменные, имеющие значение при компаундировании бензина, – это давление насыщенного пара и октановое число. Потребности в компаундированном бензине тоже влияют на процессы нефтепереработки.

Принципиальными частями бензинового двигателя внутреннего сгорания (ДВС) являются бензобак, бензонасос, карбюратор, цилиндр, поршень и свеча зажигания (двигатели без свечи зажигания – дизельные – будут рассмотрены ниже). Процесс в ДВС начинается с заполнения бензобака на бензополонке, затем заводят мотор, бензонасос высасывает топливо из бака и отправляет его в карбюратор. Карбюратор испаряет бензин, смешивает его с воздухом и отправляет в цилиндр. Смесь бензина с воздухом засасывается в цилиндр, когда поршень движется вниз, и объем цилиндра возрастает до максимального. Впускной клапан закрывается, затем поршень движется вверх по цилиндру и сжимает топливо. Когда поршень достигает верхней точки своего хода, свеча зажигания дает мощную искру и воспламеняет бензин. Бензин моментально сгорает, что приводит к сильному расширению газов и давлению.

нию на поршень, поэтому поршень вынужденно перемещается вниз по цилиндру, и энергия передается на коленчатый вал. Этот процесс называется рабочим ходом поршня. В нижней точке рабочего хода выпускной клапан, находящийся вверху цилиндра, открывается, и во время движения поршня вверх сгоревшее топливо выбрасывается. В верхней точке хода впускной клапан снова открывается, и весь процесс повторяется. В течение каждого цикла поршень дважды перемещается вверх и вниз по цилиндру.

Одной из принципиальных стадий цикла работы ДВС является воспламенение бензина. Когда двигатель разогрет, с этим нет проблем, так как тепло обеспечивает 100%-ное поступление бензина в цилиндр в виде паров. Но когда двигатель холодный и только начинает работать, ситуация усложняется. При запуске холодного двигателя необходимо, чтобы бензин содержал достаточное количество летучих углеводородов для образования воспламеняющейся паровоздушной смеси. Мерой летучести является давление насыщенных паров. Давление насыщенного пара (ДНП) – это мера поверхностного давления, которое необходимо, чтобы жидкость не испарялась. Давление паров зависит от температуры, а измеряют его при температуре 15 °С.

Для ДНП бензина необходимо выполнение двух крайних условий. При холодном запуске должно испаряться достаточное количество бензина (около 10%), чтобы образовалась воспламеняемая смесь; если воспламенение произошло, то оставшаяся часть бензина, которая не испарилась, тоже сгорит. Другое крайнее условие относится к режиму, когда работает полностью разогретый двигатель, или к режиму, когда горячий двигатель нужно повторно запустить. В этом случае пары бензина не должны расширяться слишком сильно, иначе на пути в цилиндр бензин невозможно будет смешать с воздухом, а смесь и в этом случае должна быть воспламеняемой. Было обнаружено, что способность бензина удовлетворять этим усло-

виям прямо связана с ДИИ, и его показатель для бензина должен быть различным в разные времена года.

Следует упомянуть еще об одном явлении, которое ограничивает допустимое давление насыщенных паров, – о паровой пробке, которая может возникать при сочетании большой высоты над уровнем моря и высоких температур. На большой высоте атмосферное давление ниже, и бензин с высоким ДИИ может начать испаряться в любой части системы. Бензонасосу придется качать смесь жидкости и паров, в то время как его конструкция предполагает работу только с жидкостью. В результате поступление в карбюратор будет недостаточным, двигатель остановится и не запустится снова, пока температура бензина не понизится, а это может занять несколько часов. Чтобы избежать паровых пробок, ДИИ подбирают в соответствии с окружающими условиями в районе использования, включая сезонный перепад температур и атмосферное давление. При компаундировании (в соответствии с давлением паров) для увеличения давления следует добавлять бутаны различных марок, которые получаются как побочный продукт на нефтеперерабатывающих заводах.

Октановое число показывает, будет ли бензин детонировать в двигателе. Когда смесь паров бензина и воздуха подается в цилиндр, поршень движется вверх и сжимает ее, при сжатии пары нагреваются. Если смесь паров бензина и воздуха достаточно сильно сжать, то она сильно нагреется и может самовоспламениться без участия свечи зажигания. Если это случится раньше, чем поршень достигнет верхней точки своего хода, то произойдет детонация, т. е. двигатель будет препятствовать движению коленчатого вала, вместо того чтобы ему способствовать. Детонация обычно воспринимается как постукивание или гудение двигателя. Для измерения степени сжатия, при которой данный бензин детонирует, был разработан специальный ряд чисел. За бензин с октановым числом 100 был условно принят изооктан (2,2,4-триметилпентан) C_8H_{18} .

Нормальный гептан C_7H_{16} , который детонирует при значительно меньшей степени сжатия, был принят за бензин с октановым числом 0. Используя испытания на стендовом двигателе, каждому бензину можно поставить в соответствие смесь изооктана и гептана определенного состава. Октановым числом считается процентная доля изооктана в смеси, детонирующей при той же степени сжатия.

Чтобы упростить задачу достижения необходимого октанового числа, в бензин добавляют соединения свинца – тетраэтилсвинец (ТЭС) $(C_2H_5)_4Pb$ или тетраметилсвинец (ТМС) $(CH_3)_4Pb$. Эти соединения увеличивают октановое число бензина, не влияя при этом на другие его свойства, в том числе на давление насыщенного пара. Оба – очень ядовитые химические соединения, и даже небольшие концентрации их паров могут привести к заболеваниям или даже смерти*. Вследствие такой опасности уже в 60-е годы прошлого века было установлено максимально допустимое количество ТЭС в бензине на уровне 1 мл на 1 л.

Агентством по защите окружающей среды (Environmental Protection Agency) в 1974 г. было объявлено о постепенном снижении содержания свинца в бензине. Однако пока наличие свинца (в виде ТЭС или ТМС) разрешено хотя бы для одной марки бензина, его добавление останется важным экономическим рычагом. Как это ни парадоксально, свинец добавляют в бензин, чтобы подавить воспламенение, но чем ниже октановое число, тем более вероятна детонация или самовоспламенение бензина, так как свинец смещает точку самовоспламенения.

Некоторая сложность возникает из-за того, что чем больше концентрация свинцовой присадки, тем менее эффективна

* Подробно об экотоксикологии свинца см.: *Давыдова С.Л., Тагасов В.И.* Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. – М.: Изд-во РУДН, 2004.

ее последняя порция, т. е. октановое число нелинейно зависит от концентрации данной присадки. После требования снижения количества свинца (и даже его запрещения) в бензине, стали искать другие способы повышения октанового числа. В настоящее время нефтехимическая промышленность предоставляет для этого несколько продуктов: метанол, этанол, трет-бутиловый спирт и метил-трет-бутиловый эфир.

Метанол CH_3OH – одно из наиболее давно известных химических веществ. Известен как древесный спирт, так как раньше его получали действием химических реагентов на свежеспиленные бревна с твердой древесиной. В настоящее время исходным для метанола является метан. Источником метана служит природный газ, который в основном и состоит из метана.

Этанол, или этиловый спирт C_2H_5OH , так же как и метанол, ранее получали из природных источников брожением сахара, содержащегося в винограде, картофеле, ячмене и кукурузе, под действием ферментов.

Трет-бутиловый спирт (ТБС) $(C_4H_9)COH$ образуется в нескольких нефтехимических процессах, он является побочным продуктом в производстве пропиленаксида. Его можно получить реакцией *n*-бутилена или изобутилена с водой, а также исходя из пропилена и изобутана. Использование метанола как компонента компаундированного бензина вызвало дополнительный интерес к ТБС. Если бензиновая смесь содержит метанол, то при попадании небольших количеств воды возможно расслоение смеси. Когда к метанолу добавляют более тяжелый спирт (например, ТБС), то количество воды, которое можно добавить прежде, чем произойдет расслоение, увеличивается. ТБС действует как соразтворитель, помогая метанолу оставаться в растворенном состоянии в бензине.

Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) $(C_4H_9)COCH_3$ является кислородсодержащей добавкой. Он отличается от метанола, этанола и ТБС, которые относятся к классу спиртов. Его

получают в результате реакции изобутилена с метанолом над катализатором. Сырьем для производства МТБЭ является смесь углеводородов C₄(бутаны, н-бутилены и изобутилены).

Добавление спиртов и кислородсодержащих веществ действует немонотонно. Например, небольшие добавки (до 2–3%) спирта резко поднимают ДНП смеси, а при дальнейшем его добавлении (до 10 или 15% по объему) изменений не происходит. В этом интервале концентраций метанол увеличивает ДНП на постоянную величину, равную приблизительно 3 единицам, этанол – на 0,7, а ТБС – на 2 единицы ДНП. Влияние добавления свинцовой присадки также зависит от других компонентов бензина. В некоторых случаях эффект свинцового антидетонатора оказывается даже отрицательным.

Коль скоро возможно применение спиртов и кислородсодержащих добавок для получения «неэтилированного» бензина^{*}, неустойчивость действия нежелательного ТЭС теперь не имеет значения.

При обсуждении проблемы компаундирования бензина приходится обращать внимание на значительную часть основных операций нефтеперерабатывающего завода. Устаревший способ получения нужного октанового числа добавлением ТЭС достаточно прост, но действительная оптимизация компаундирования бензина требует организации работы всего нефтеперерабатывающего завода в целом.

* За рубежом его называют «неосвинцованный» бензин (notleaded gasoline).

ВИДЫ ПРОДУКЦИИ ИЗ НЕФТИ

Простота редко встречается в природе
в наше время.

Публиций Овидий Назон

Дистиллятные топлива. Дизельное и печное топливо (для бытовых целей) – два наиболее используемых вида топлива, которые получают на нефтеперерабатывающем заводе из фракции легкого газойля. Можно даже считать, что это самый широко используемый вид топлива, так как во многих местах дизельное и печное топливо поступают в продажу из одного и того же резервуара.

В общих чертах дизельный двигатель весьма напоминает бензиновый двигатель внутреннего сгорания. Его отличие – в отсутствии свечи зажигания. Работа дизельного двигателя зависит от самовозгорания топлива, т. е. от того самого явления, которого так стараются избежать в случае использования бензинового двигателя.

При управлении самовоспламенением очень важно, чтобы все процессы были правильно синхронизированы по времени. В отличие от ДВС, в дизельном двигателе воздух не смешивается с топливом, прежде чем попасть в цилиндр, т. е. в цилиндр подается только воздух. Когда поршень перемещается в верхнее положение, воздух сжимается (такт сжатия) и поэтому нагревается. Точно в тот момент, когда поршень достигает верхней точки, в цилиндр впрыскивается топливо. При контакте с нагретым воздухом оно воспламеняется, что заставляет поршень начать рабочий ход.

Выскакивание топлива в цилиндр включает несколько фаз. Во-первых, топливо подается в жидком виде, и для более равномерного распределения его распыляют. Когда жидкое топливо соприкасается с перегретым воздухом, оно испаряется, и его температура поднимается до температуры самовоспламенения. Вторая фаза наступает, когда воспламенение произошло и окружающие пары и жидкость тоже загораются. При этом начинается рабочий ход поршня. Наконец, когда оставшаяся часть жидкости закачивается в цилиндр, она тоже воспламеняется, и таким образом давление на поршень сохраняется на том же уровне или даже возрастает. Все это происходит приблизительно за тысячную долю секунды!

Очевидно, что механизм синхронизации должен быть очень точным. Если топливо не попадает в цилиндр в нужный момент и с нужной скоростью, за один раз может воспламениться слишком много топлива, и тогда вместо управляемого импульса может произойти рабочий такт со взрывом. Поэтому выскакивание топлива в дизельный двигатель осуществляется с помощью более точной механики, чем в двигателе внутреннего сгорания. Поскольку дизельное топливо подается в цилиндр в верхней точке хода поршня, рабочее давление в системе подачи топлива лежит в интервале 140-700 атм.

Дизельное топливо. Многие полезные свойства бензина оказываются вредными для дизельного топлива: при использовании бензина самовоспламенения следует избегать, а для дизельного топлива одной из важных характеристик является именно воспламеняемость. Мерой этого свойства служит *цетановое число*. По аналогии с октановым числом и его происхождением, цетановое число дизельного топлива соответствует доле углеводорода цетана $C_{16}H_{34}$ (гексадекана) в его смеси с α -метилнафталином. Цетановое число цетана принято равным 100, а цетановое число α -метилнафталина – 0. Когда дизельное топливо характеризуется такой же воспламеняемостью, определенной на опытном двигателе, что и модельная смесь

этих двух углеводородов, то цетановое число для данного топлива считается равным процентной доле цетана в этой смеси. Цетановое число топлива зависит от его группового состава (доли парафинов, олефинов и ароматики). В случае бензинового двигателя ароматические соединения полезны, так как препятствуют самовоспламенению, в то время как парафины имеют низкие температуры воспламенения. Для дизельных двигателей, наоборот, парафины, способные к самовоспламенению при низких температурах, являются полезными компонентами топлива, а ароматические углеводороды – менее ценными компонентами.

Как и бензины, дизельные топлива бывают нескольких марок. Стандартное топливо характеризуется цетановым числом около 40–45, а топливо высшего качества имеет цетановое число до 50. Такое топливо легче, оно содержит больше легкокипящих фракций и поэтому более пригодно для запуска двигателя на холоде. В легких фракциях отношение углерода к водороду обычно ниже, поэтому при сгорании такого топлива в жестких условиях образуется меньше дыма. В связи с этим оно является предпочтительным вариантом для городских автобусов.

По техническим условиям в России дизельное топливо для автомобильных и тракторных двигателей разделяется на два сорта: *летнее* и *зимнее*, различающиеся между собой по температуре помутнения и температуре застывания. Для летнего сорта (марка «Л») температуры помутнения и застывания должны быть не выше -5 и -10 °С соответственно, для зимнего сорта (марка «З») – не выше -35 и -45 °С. Температура застывания арктического дизельного топлива (марка «А») не должна превышать -60 °С. Низкой температуры застывания достигают либо выбором нефтей и подбором фракций, из которых получается топливо, либо добавлением к последнему специальных (депрессорных) присадок.

Исповное топливо. Благодаря многим физико-химическим характеристикам углеводороды, входящие в состав газойлевых

фракций, наиболее широко используют как нефтяное печное топливо. Во-первых, они обладают более высокой теплотворной способностью, чем более легкие углеводороды, например, содержащиеся в керосинах или сжиженном нефтяном газе. Во-вторых, их транспортировка легче, чем транспортировка природного газа, так как для этого не требуется специального оборудования, пригодного для работы под давлением. В-третьих, они менее склонны к случайному воспламенению и менее взрывоопасны, чем нефть. В-четвертых, их легче сжечь, чем остаточные (котельные) топлива, так как не надо разогревать перед подачей в камеру сгорания. Наконец, они являются более экологически чистыми, чем остаточные топлива, благодаря своему химическому составу.

По всем этим причинам печное топливо широко применяют для бытовых целей, реже – как топливо в легкой и тяжелой промышленности. Стандарты на печное топливо в основном определяются ограничениями, связанными с конструкцией бытовых отопительных приборов. С точки зрения безопасности их эксплуатации важной характеристикой печного топлива является температура вспышки. Печное топливо транспортируют и хранят в емкостях без подогрева, и поэтому большое значение имеет температура потери текучести.

Минимальная температура, при которой пары топлива образуют горючие смеси с воздухом, называется *температурой вспышки*. Таким образом, температура вспышки оказывается одновременно и мерой летучести, и мерой воспламеняемости. Для печного топлива этот параметр нормируется таким образом, чтобы его пары не могли выйти из резервуара и воспламениться.

Температура потери текучести определяет способность нефтепродуктов течь при низких температурах. В процессе охлаждения нефтепродукта достигается температура, при которой некоторые компоненты застывают и при дальнейшем охлаждении продукт полностью теряет текучесть. Температу-

рой потери текучести принимают такую точку, при которой продукт перестает течь. Температура потери текучести печного топлива обычно около $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Нефтепродукты, которые могут служить компонентами дизельного топлива, также удовлетворяют требованиям, предъявляемым к бытовым отопительным системам. Имеется множество возможностей использования разных легких крекинг-газойлей для получения печных топлив. Этим возможностей даже больше, чем для дизельного топлива, так как здесь нет ограничений по цетановому числу. Тем не менее в большинстве случаев смешивают, отгружают, хранят и продают один и тот же нефтепродукт, который подходит как для отопления, так и сгорания в двигателе.

Зная цетановое число легкого прямогонного газойля, легкого крекинг-газойля, керосина и дополнительных дистиллятных компонентов, нетрудно рассчитать состав смеси, которая будет удовлетворять нормам по цетановому числу. Чтобы достичь требуемой температуры потери текучести, обычно добавляют керосин, но часто это экономически не выгодно, а если керосина слишком много, температура вспышки может оказаться слишком низкой. Применение фракций более легких, чем керосин, обязательно приведет к проблемам с температурой вспышки.

Нефтяные битумы и остаточное топливо. У нефтепереработчиков есть две возможности для использования кубовых остатков: производство остаточного топлива и нефтяного битума. Выбор между этими возможностями определяется характеристиками самой исходной сырой нефти.

Нефтяные битумы представляют собой продукты, получаемые из остатков перегонки нефтей, крекинга и очистки масел. Их широко применяют в дорожном строительстве, при производстве кровельных материалов, лаков и т. д. В их состав входят в основном масла и асфальтены. Нефтяные битумы содержат различные количества асфальтенов, состоящих из

очень сложных молекулы полиароматических соединений (с высоким соотношением количества углеродных атомов и количества водородных атомов), в которых бензольные кольца составляют разные конденсированные циклы. Молекулы этих веществ содержат обычно более 50 атомов углерода. Если содержание асфальтенов достаточно высоко, то такая остаточная фракция может служить прочным и стабильным связующим материалом.

Содержание асфальтенов в битуме влияет на его твердость и температуру размягчения: чем больше в битуме асфальтенов, тем он тверже. Смолы повышают цементующие свойства битума и его эластичность. Масла в битуме являются разжижающей средой, в которой растворяются смолы и набухают асфальтены. Битумы можно разделить на четыре категории (хотя такое деление и не является строгим): прямогонный нефтяной битум, окисленный битум (или асфальт), дистиллятный раствор битума и битумная эмульсия.

Прямогонный нефтяной битум. Остаток, который получается при глубокой вакуумной перегонке смолистых нефтей (при отборе 80–90% дистиллятов), можно непосредственно использовать как битум. Это черное, при комнатной температуре очень вязкое или даже твердое вещество. Чем выше температура на установке вакуумной перегонки нефти, тем больше вязкость битума.

Для характеристики этого вида битума используют два основных показателя: температура размягчения и пенетрация (проницаемость). *Температурой размягчения* называют такую, при которой стальной шар заданной массы начинает погружаться в битум. Нефтяные битумы, поступающие в продажу, имеют температуры размягчения до 170 °С.

Пенетрация является мерой твердости битума. Прибор для измерения этого показателя снабжен стальной иглой. Пенетрацию определяют как глубину, на которую игла погружается в битум при заданной температуре за стандартный про-

межуток времени. Очень твердые битумы характеризуются нулевым значением пенетрации, а показатель для более мягких битумов достигает 250 мм.

Окисленный битум. Помимо повышения температуры вакуумной перегонки имеется возможность изменять консистенцию мягких битумов химическим путем в воздуходувке. На этой установке остатки от переработки нефти или крекинг-остатки продувают горячим воздухом, в результате чего происходят химические реакции. Кислород присоединяется к битуму либо водород соединяется с кислородом и образует воду, которая затем испаряется. В результате получается более твердый резиноподобный битум. Этот способ позволяет получить битумы с низкой величиной пенетрации и требует меньших затрат, так как при этом используется пек, содержащийся в сырой нефти.

Дистиллятный раствор битума. Для многих областей применения битума требуется, чтобы материал оставался текучим. Например, при строительстве дорог он должен хорошо смешиваться с гравием и песком, поэтому асфальт обычно смешивают и укладывают при повышенных его температурах. Чтобы упростить требования к оборудованию в местах укладки (без высоких температур) и одновременно получить твердое и прочное покрытие, иногда в битум добавляют разбавитель. Разбавитель (или разжижитель) размягчает битум, что позволяет работать с ним при более низких температурах. После укладки асфальта разбавитель испаряется и образуется прочное и твердое асфальтовое покрытие. Время, за которое испаритель улетучивается (обычно измеряется днями), зависит от того, какой именно продукт использовали для разбавления. Если требуется быстрое загустение битума в конечном твердом материале, то разбавителем должна служить достаточно легкая фракция, например нефтя. Если допустимо более длительное время загустения, то используют керосин. Тип разбавителя обычно находит отражение в маркировке дистиллятных

растворов битума. В этих процессах растворитель уходит в атмосферу и воду, а значит, загрязняет окружающую среду.

Битумные эмульсии. Стараются достичь гибкости в использовании оборудования и при этом избежать проблем, связанных с разбавителем; разработано производство эмульсий, т. е. смесей, содержащих 50–70% битума и 30–50% воды. Чтобы эти компоненты оставались в смешанном состоянии, добавляют эмульгатор. Эмульгаторы гораздо дороже, чем битум, но их требуется всего 1%. Из готового материала вода испаряется почти так же, как и разбавитель, в результате чего образуется твердый асфальт. С эмульсиями можно работать при более низких температурах по сравнению со всеми остальными сортами битума, к тому же добавление воды не требует больших затрат.

Для строительства дорог обычно используют мягкие битумы с индексом пенетрации 200. Для промышленных целей применяют материал с индексом пенетрации 40–50. Для кровельных материалов (гонт, толь, пергамин) битумы смешивают с глиной.

Остаточное топливо – это то, что остается, когда все нефтепродукты уже приготовлены. Во многих странах это всего лишь остаток от перегонки сырой нефти, т. е. мазут. В России к остаточным нефтяным топливам относятся также топлива, содержащие нефтяные остатки. Кроме топочных мазутов они представлены моторными топливами (топлива для среднеоборотных двигателей), высоковязкими судовыми топливами, а также флотскими котельными мазутами. Остаточные нефтепродукты не выгодны по сравнению с прочими видами топлива по двум причинам, одна из которых физическая, а другая – экономическая. Во-первых, их транспортировка и использование требуют специального оборудования типа подогреваемых трубопроводов и резервуаров, иначе топливо застывает. Во-вторых, что более важно, его количество и состав практически невозможно произвольно менять, поскольку остаточное топливо состоит из отходов от производства других

продуктов. Так как остаточное топливо является побочным продуктом, то главной его характеристикой является вязкость, которая показывает, насколько жидкость сопротивляется течению. Поскольку вязкость меняется в зависимости от температуры, вязкость в сантистоксах измеряют при температуре 800 °С. К остатку от вакуумной перегонки обычно добавляют какой-либо разбавитель (дистиллятный нефтепродукт), чтобы достичь максимально приемлемой вязкости. Обычно в качестве разбавителя используют какую-либо тяжелую маловязкую фракцию небольшой ценности.

Другим нормируемым показателем является содержание серы. Допустимое выделение серы по экологическим соображениям в промышленных топливах изменяется в широких пределах в зависимости от географического положения. Остаточное топливо может быть сернистым и малосернистым, граница между этими категориями находится в области 0,5–1% серы по массе. Содержание серы зависит в основном от состава исходной нефти. Методика удаления серы из остаточного топлива требует сложного и дорогого оборудования, но к настоящему времени потребности в малосернистых остаточных топливах возрастают.

Наконец, как и в случае дистиллятных топлив, для остаточных топлив имеет значение температура вспышки. Поскольку для перекачивания остаточных топлив требуется нагревание, то температура вспышки в данном случае еще более важна. Остаточное топливо служит «экологическим отстойником», в который можно слить множество разнообразных ненужных продуктов. Температура в нем является фактором, ограничивающим возможности такого накопителя.

Все виды сырья, поступающие на нефтеперерабатывающий завод с мест добычи, как-нибудь называются. Однако их названия мало говорят об их сути, да и звучат очень похоже (например, сырая нефть и газоконденсат или нефтяной бензин и газовый бензин).

Опишем упрощенную схему операций по добыче нефти на газовых и нефтяных промыслах. Подземные запасы углеводородов могут существовать в нескольких формах. Скважина может вести в пласт, покрытый сверху газовой шапкой. Через эту скважину добывают газ, основным компонентом которого является метан, но 15–20% могут составлять более тяжелые углеводороды вплоть до газойля. Когда газ выходит из скважины, он охлаждается, и большая часть тяжелых углеводородов сжижается. Смесь поступает в резервуар (полевой сепаратор), который называют «широким участком трубопровода». В этом более широком пространстве давление оказывается ниже, и все газообразные углеводороды, которые находились в растворенном состоянии в жидкости, испаряются. Из верхней части сепаратора выходит природный газ, а из нижней – газоконденсат. Скважина может вести в тот же пласт залегания, но через нее извлекают сырую нефть, содержащую растворенный природный газ, и на поверхности его отделяют в аналогичном сепараторе.

Сырую нефть и газоконденсат можно транспортировать в автоцистернах или по нефтепроводу. Природный газ почти всегда транспортируют с помощью газопровода. Если его нет, то газ можно снова закачать под землю, для того чтобы продолжать связанную с ним добычу нефти. При транспортировке сырой нефти по нефтепроводу нефти различных сортов, залегающие под землей отдельно, часто смешиваются между собой. Газоконденсат также можно специально смешивать с нефтью.

Несмотря на то, что природный газ проходит через полевой сепаратор, он может все еще содержать некоторые компоненты, более тяжелые, чем метан-этановая смесь. Возможна переработка природного газа и на установке газофракционирования с целью извлечения газового бензина – жидкой части, содержащейся в природном газе и состоящей из этана, пропана, бутана и нефтяного бензина, который представляет собой смесь углеводородов от пентана C_5 до углеводородов C_9 – C_{10} .

Иногда содержание нефтяного бензина и бутана может оказаться достаточно высоким, так что зимой эти продукты конденсируются непосредственно в газопроводе, и насосы не могут перекачивать продукт. Природный газ с таким составом нужно перерабатывать на установке газофракционирования, чтобы удалить газовый бензин и получить товарный продукт, транспортировка которого не вызывает проблем.

Транспортировка и использование нефти. Рынком сбыта для большей части продукции нефтепромыслов являются нефтеперерабатывающие заводы. Продукты движутся к местам нефтепереработки по трубопроводам, и часто нефти удобно использовать не только как переносчик для газоконденсата, но и для нефтяного бензина и бутанов. Сырая нефть, в которую был закачан бутан и/или нефтяной бензин, называется нефтью, содержащей летучие продукты. Максимальное количество бутана, которое можно закачать в сырую нефть, ограничивается только допустимым давлением в нефтепроводе.

С пропаном и этаном работают отдельно от бутана и нефтяного бензина. Так как пропан является товарным продуктом, его часто отделяют на установке и отправляют в автоцистернах или по газопроводу. Этан же можно транспортировать фактически только по газопроводу из-за его давления паров и плотности. Иногда его отправляют отдельно, в некоторых случаях смешивают с другими компонентами газового бензина. В последнем случае смесь нефтяного бензина и более легких продуктов отделяют от газа на установке газофракционирования, а далее отправляют в виде смеси как смешанное сырье. В конце концов эту смесь разделяют на соответствующей установке, расположенной ближе к месту сбыта.

Переработка нефтяного природного газа в жидкое углеводородное топливо – сравнительно новая технология, интерес к которой проявляют все крупные компании, имеющие возможности развития в будущем, а именно в двух направлениях:

- для производства дистиллятов углеводородов высокого качества;
- для утилизации запасов природного газа из регионов, удаленных от мест их потребления.

Такая продукция вырабатывается на передовых фирмах Шелл, Эксон, Тексако, Сасол и др. В России, крупнейшем производителе природного газа, утилизация природного газа находится далеко не в развитом состоянии. Проблема его утилизации стоит перед российской промышленностью особенно остро в последнее время, когда на первый план вышла необходимость в ресурсоэнергосбережении и защите окружающей среды. На сегодня концом почти любого нефтегазового месторождения в России по-прежнему остается факел, в котором горит смесь газов, извлекаемая из скважин вместе с сырой нефтью и называемая нефтяным попутным газом (НПГ). Эта смесь газов, являясь ценнейшим источником химического сырья, в виде коптящего пламени, заведомо канцерогенного, наносит вред природной среде не только на территории добычи, но и на сотни километров вокруг предприятия.

Считается, что к настоящему времени в России по причине несовершенных технологий извлекается не более 1/3 углеводородов C_3 – C_4 из пластового газа, а остаток от НПГ в большинстве случаев сжигается безо всякой предварительной переработки. 40% НПГ подвергается переработке с целью получения сырья для нефтехимических заводов и как бытовой газ. Еще 40% сжигается без переработки на ГРЭС; 20% дожигается в факелах. Так и получается, что в год сжигается более 10 млрд. м³ НПГ. Следовательно, за год в атмосферу выбрасывается порядка полумиллиона тонн таких токсикантов, как оксиды $CO+CO_2$, N_2O , углеводороды C_nH_{2n+2} , сажа C_0 . Очевидны и упущенная выгода и ухудшение здоровья населения нефтяных регионов.

На установках газофракционирования для выделения газового бензина можно использовать:

- охлаждение и глубокое охлаждение;
- абсорбцию (поглощение) «тонким маслом» или иными растворителями;
- адсорбцию на твердом слое (адсорбенте).

В *схеме охлаждения* содержащий жидкость газ охлаждается до температуры, лежащей в интервале от -10 до -40 °С. При такой температуре около 70% этана, 90% пропана и весь бутан (а также более тяжелые компоненты) сжижаются и их можно отделить фракционированием.

В *схеме глубокого охлаждения* проводится более полное выделение этана. С этой целью температура содержащего жидкость газа снижается до -140 °С, для чего применяется устройство под названием турбодетандер. В этих условиях 90–95% этана и весь пропан (а также более тяжелые компоненты) отделяются от газа.

Абсорбция (или поглощение) «тонким маслом» проводится на более старых установках нефтеперерабатывающих заводов. Обычная процедура позволяет получить около 70% пропана, а также бутан и более тяжелые компоненты. Но при использовании охлажденного «тонкого масла» можно добавить к этому еще и 50–75% этана.

Адсорбция на твердом слое – процесс, который используют в тех случаях, когда требуется всего лишь изменить точку росы (температура, при которой начинают образовываться капли), т. е. удалить только наиболее тяжелые компоненты, которые могли бы сконденсироваться при транспортировке. Для коммерческих целей при продаже требуется, чтобы точка росы была не выше -10 °С при давлении в газопроводе около 55 атм. В зависимости от конкретного газового потока для этого может потребоваться полное удаление нефтяного бензина и частичное удаление бутанов.

Некоторые пористые материалы, такие как активированный уголь C_0 , силикагель SiO_2 и оксид алюминия Al_2O_3 , могут

способствовать большому объему паров конденсироваться на их поверхности. Жидкость остается на поверхности твердого вещества, этот процесс и называется *адсорбцией*. После конденсации достаточного количества жидкости (в данном случае газового бензина) процесс прекращают или направляют поток в другой резервуар, содержащий новую порцию адсорбента. Жидкости удаляют с поверхности адсорбента отгонкой перегретым паром и собирают. Таким образом, при адсорбции на твердом слое выделяется 10–15% бутанов и от 50 до 90% нефтяного бензина.

НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ ЗАВОДЫ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

Все хорошее в жизни приходит не поодиночке, а вместе с плохим.

Л. Уэмб

Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) относятся к промышленным предприятиям с высоким уровнем потребления воды как свежей, так и оборотной. Они обычно размещаются у водоемов, используемых для разных целей, в том числе и для нужд населения. Это делает проблему охраны водных ресурсов от загрязнения отходами нефтеперерабатывающей промышленности особенно актуальной. Кроме того, НПЗ являются источником загрязнения атмосферного воздуха. Даже на современных крупных предприятиях в год в атмосферу выделяются десятки тысяч тонн углеводородов, оксидов углерода и диоксида серы, тысячи тонн сероводорода, которые распространяются на большие расстояния от заводов.

Современные НПЗ делятся на топливные и топливно-масляные или топливные и топливно-масляные с нефтехимическим производством. Технология переработки нефти и имеющиеся в ней различия в зависимости от профиля производства, глубина переработки нефти и ассортимент конечных продуктов вместе определяют и состав отходов завода.

Основные технологические процессы переработки нефти включают подготовку нефти, ее обезвоживание и обессоливание, атмосферную и вакуумную перегонку, деструктивную

переработку (крекинг, гидрогенизацию, изомеризацию), равно как и очистку светлых продуктов, получение и очистку масел.

Расход воды для производственных целей и объем сточных вод возрастают с глубиной переработки нефти. Содержание же различных загрязняющих веществ в сточных водах определяется качеством перерабатываемой нефти, технологией ее переработки и качеством конечных продуктов производства. Наибольший расход воды отмечается на стадии подготовки нефти, в процессе ее обезвоживания и обессоливания.

Объем и качество потребляемой в технологическом процессе воды и состав отводимых в открытые водоемы сточных вод зависят не только от технологии производства и вида выпускаемой продукции, но и от уровня технического оснащения предприятия, внутри- и внезаводских очистных сооружений и установок. Особенностью предприятий нефтеперерабатывающей промышленности является то, что *сточные воды образуются, как правило, не от изолированных производственных процессов или агрегатов, а являются совокупностью потоков, собираемых от предприятия в целом.*

В связи с этим эффективными являются технологические мероприятия, существенно изменяющие не только качественный состав сточных вод, но и их объем. Так, заменяя при обезвоживании нефти анионоактивные ПАВ на неионогенные, в несколько десятков раз снижают концентрацию нефти в сточных водах после установок электрообессоливания. В результате повторного использования воды II ступени обессоливания нефти на I ступени сокращается на 4–6% объем сточных вод второй системы промышленной канализации. За счет организации отдельных канализационных систем (разделение сетей) удастся возвращать в систему оборотного водоснабжения до 97–98% воды!

Из перспективных технологических мероприятий, внедряемых на НПЗ в настоящее время и закладываемых в проекты строительства новых и реконструкции старых предприятий,

в первую очередь называют освоение агрегатов большой мощности и использование в оборотных системах биохимически очищенных сточных вод. Внедрение новых технологических решений сопровождается высоким экономическим эффектом за счет лучшего применения сырьевых ресурсов, большего выхода продукции, расширения ее ассортимента и т. д. Во многих случаях это одновременно решает и проблему охраны окружающей среды.

Приведем характеристики и состав сточных вод.

Производственные сточные воды на НПЗ образуются практически на всех технологических установках. В зависимости от источников образования их подразделяют на следующие виды.

Нейтральные нефтесодержащие сточные воды составляют основную часть воды первой системы промышленно-ливневой канализации. К ним относятся сточные воды, получающиеся при конденсации, охлаждении и водной промывке нефтепродуктов, после очистки аппаратуры, смыва полов в производственных помещениях, от охлаждения втулок сальников насосов, дренажные воды из лотков технологических аппаратов, а также ливневые воды с площадок технологических установок. В этих водах нефть присутствует преимущественно в виде эмульсии. Ее концентрация достигает 5–8 г/л, а общее содержание солей – 700–1500 мг/л. Сравнительно невысокое количество солей позволяет использовать сточные воды (после соответствующей очистки) для пополнения систем оборотного водоснабжения.

Солевосодержащие сточные воды с высокой концентрацией эмульгированной нефти и большим количеством растворенных солей, в основном NaCl, поступают от электрообессоливающих установок и сырьевых парков. К ним также относятся дождевые воды с территории указанных объектов. Предельно допустимое содержание нефтепродуктов в них (без учета аварийных сбросов) не должно превышать 10 г/л. Иссле-

дования таких стоков показывают, что содержание нефти в отдельных пробах может достигать до 30 г/л, что связано с негерметичностью технологического оборудования и дефектами в эксплуатации. Содержание солей в водах этой группы зависит главным образом от качества нефтей, поступающих на завод.

Сернисто-щелочные сточные воды получают от защелачивания светлых нефтепродуктов и сжиженных газов. В процессе щелочной очистки из нефтепродуктов удаляются главным образом сероводород H_2S , меркаптаны RSH , фенолы C_6H_5OH и нафтеновые кислоты. Состав сернисто-щелочных сточных вод этой категории должен соответствовать определенным технологическим требованиям, однако он отличается от установленных нормативов. Периодичность сброса отработанных щелочей в сернисто-щелочную канализацию на различных заводах колеблется от нескольких до 45 дней в зависимости от типа технологических установок и их мощности, принятого режима переработки нефти, качества получаемого исходного сырья, схемы защелачивания, гидравлической нагрузки на щелочные отстойники и ряда других факторов. Среднесуточный сброс этих вод (без учета промывных) колеблется от 0,0009 до 0,0019 м³ на 1 т перерабатываемой нефти.

Кислые сточные воды от цеха регенерации серной кислоты образуются в результате неплотностей соединений в аппаратуре, а также потерь кислоты из-за коррозии аппаратуры. Они содержат в своем составе до 1 г/л серной кислоты.

Сероводородсодержащие сточные воды поступают в основном от барометрических конденсаторов смешения, а при их замене на поверхностные объем этих вод сокращается в 40-50 раз. Кроме указанных вод сероводород содержится и в так называемых технологических конденсатах установок каталитического крекинга, замедленного коксования, гидроочистки и гидрокрекинга, но в этих сточных водах помимо сероводорода H_2S присутствуют фенол C_6H_5OH и аммиак NH_3 . При

объединении НПЗ и нефтехимических производств появляются еще и сточные воды, загрязненные продуктами нефтехимического синтеза. Их состав обусловлен видом получаемой продукции. Из других источников образования сточных вод следует отметить сточные воды от смесительных установок и эстакад по наливу «этилированных» бензинов, в которых содержится до 10 мг/л нефтепродуктов и тетраэтилсвинец $(C_2H_5)_4Pb$, а также кислые сточные воды от цехов синтетических жирных кислот. Таким образом, в сточные воды НПЗ попадает большое количество органических веществ, из которых наиболее значимы конечные и промежуточные продукты перегонки нефти, сама нефть, нафтеновые кислоты и их соли, деэмульгаторы, смолы, фенолы, бензол, толуол. В сточных водах содержатся также песок, частицы глины, кислоты и их соли, щелочи.

Приведенные данные показывают, что содержание отдельных соединений в сточных водах колеблется в широких пределах, например, для фенолов и нефти в сернисто-щелочных сточных водах. Наиболее опасными для биологических очистных сооружений и водоемов являются сульфиды и сульфогидраты, присутствие которых в воде водоемов хозяйственно-питьевого, рыбохозяйственного и культурно-бытового водопользования *не допускается вовсе*.

Нефть и нефтепродукты в производственных сточных водах содержатся в растворенном, коллоидном или эмульгированном состоянии. Большинство растворенных в воде органических веществ, как правило, определяются суммарно через биохимическое потребление кислорода или химическое (бихроматное) потребление кислорода пробой воды. Общее количество сточных вод, образующихся на НПЗ, зависит от ряда факторов, важнейшим из которых является продувка систем обратного водоснабжения.

Источники выбросов НПЗ в атмосферный воздух. Среди загрязнений воздушной среды выбросами НПЗ (сероводо-

род, сернистый газ, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды и другие токсичные вещества) основными являются углеводороды и сернистый газ. Степень загрязнения заводом воздушной среды, как уже отмечалось выше, зависит от применяемой техники и технологии, а также от масштабов переработки нефти.

По содержанию серы нефти условно классифицируют на *малосернистые* (до 0,5%), *сернистые* (до 2,0%) и *высокосернистые* (свыше 2,0%). Рост добычи и поступление в переработку сернистых и высокосернистых нефтей ухудшают качественные показатели нефтепродуктов, ведут к повышенной коррозии и преждевременному износу трубопроводов, аппаратуры, оборудования и аппаратуры, к сверхнормативным простоям установок, сокращению межремонтных циклов, значительным затратам на текущий и капитальный ремонт, увеличению загрязненности, образованию накипи в теплообменных аппаратах и прогоранию печных труб. При переработке высокосернистых нефтей и получении из них нефтепродуктов с малым содержанием серы усложняются технологические схемы заводов, уменьшается выход светлых нефтепродуктов, требуется более глубокая их очистка и облагораживание.

Но самыми крупными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются заводские резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов при обычном атмосферном давлении. Выброс осуществляется через специальные «дыхательные» клапаны при небольшом избыточном давлении паров нефтепродукта или при вакууме в резервуаре, а также через открытые люки и возможные неплотности в кровле резервуара. Особенно увеличивается выброс при заполнении резервуара нефтью или нефтепродуктом, в результате чего из газового пространства вытесняются в атмосферу, как правило, пары легких компонентов нефтей. Дополнительная загазованность атмосферы происходит и при нарушении герметичности резервуаров за счет коррозии крыши, если переработке подвер-

гаются сернистые нефти. При негерметичной крыше резервуара происходит «выветривание» газового пространства: более тяжелые пары продукта выходят снизу, а воздух в таком же объеме входит сверху. При наличии ветра потери от вентиляции газового пространства увеличиваются во много раз, отмечается (по запаху) загрязнение большой территории.

Сооружения по очистке сточных вод. Значительная часть НПЗ в настоящее время оснащена эффективными одно- или двухступенчатыми сооружениями и системами механической и биохимической очистки, включающими нефтеловушки, пруды дополнительного отстаивания, песчаные фильтры. Открытые поверхности очистных сооружений являются источниками загрязнения атмосферного воздуха и окружающей территории продуктами нефтепереработки. У работающих фильтров концентрация сероводорода и паров углеводородов (в воздушных потоках с поверхности испарения) выше, чем у фильтров, остановленных на промывку, так как промывная вода менее насыщена продуктом.

Нефтепродукты, поступающие с оборотной водой, в основном испаряются в воздух. Сточные воды, отходящие от барометрических конденсаторов, сбросы охлаждающей воды из конденсаторов, смешение паров, образующихся при охлаждении кокса на установках замедленного коксования, являются источниками загрязнения атмосферы сероводородом. Технологические конденсаты после атмосферных и атмосферно-вакуумных установок также служат источниками загрязнения атмосферного воздуха сероводородом.

Пары нефтепродуктов выделяются в воздух через неплотности оборудования, арматуры и фланцевых соединений, сальниковые устройства насосов и компрессоров. Число насосов и компрессоров на НПЗ средней производительности составляет более 1000. Каждая задвижка, фланцевое соединение, предохранительный клапан и сальник насоса – потенциальные источники загрязнения атмосферного воздуха.

При нормальной работе от одного насоса выделяется 1 кг газов и паров в час, а от одного компрессора – даже 3 кг/ч. Фактические выделения часто превышают эти цифры в 2–3 раза, и для насосной при 20 насосах они могут составлять 20–60 кг/ч, для компрессорной при 5 компрессорах – от 15 до 45 кг/ч.

Выбросы углеводородов в атмосферу на НПЗ через предохранительные клапаны достаточно велики. На НПЗ мощностью 12 млн. т/год через предохранительные клапаны выбрасывается в сутки около 100 т углеводородов! Кроме того, необходимо учитывать выбросы в результате недостаточной герметизации оборудования и арматуры. Дымовые газы трубчатых печей технологических установок являются источниками выброса в воздух сернистого ангидрида, оксидов углерода и азота. Серно-кислотная очистка парафина и масел, сульфирование при получении поверхностно-активных веществ и многие другие процессы в нефтеперерабатывающей промышленности тоже дают выбросы сернистых газов в атмосферу.

Производство битумов – один из главных загрязняющих цехов. Основным процессом производства битумов является окисление остатков нефтепереработки кислородом воздуха при 240–300 °С. Газы, выходящие из окислительного аппарата, состоят из азота, кислорода, диоксида углерода, смеси углеводородов и их кислородных производных, а также водяных паров, образующихся в ходе реакции окисления углеводородного сырья и за счет воды и водяного пара, подаваемых в газовое пространство окислительного аппарата. Эти выбросы являются одним из основных источников загрязнения воздушного бассейна, связанных с работой НПЗ. Дополнительным и часто значительным источником загрязнения воздушного бассейна НПЗ могут быть пары органических соединений, выделяющиеся при наливке горячего битума в железнодорожные бункеры и автобитумовозы или при розливе его в мелкую тару (бумажные мешки, бочки) для охлаждения.

Кроме того, в газах, выходящих из окислительного аппарата, в небольших количествах присутствует монооксид углерода (до 0,5% масс.) Концентрация же сероводорода H_2S невелика (не более 0,01% масс.) даже при использовании высокосернистого сырья. Содержание сернистого ангидрида SO_2 еще ниже. Следовательно, на битумных установках НПЗ в процессе производства образуются весьма токсичные газы. Что касается канцерогенных веществ в атмосферных выбросах НПЗ, то среди веществ, содержащихся в сырой нефти и нефтепродуктах, присутствуют ароматические полициклические соединения, в первую очередь канцерогенные углеводороды. В процессе переработки нефти канцерогенные вещества могут поступать во внешнюю среду, загрязняя воздушный бассейн промышленной площадки и окружающий жилой район.

Таким образом, на современных нефтеперерабатывающих заводах имеется большое число источников газовыделений, рассредоточенных по разным высотам, что способствует диффузному загрязнению атмосферного воздуха площадки по всем зонам от 1,5 до 60 м.

Загрязнение воздушного бассейна НПЗ определяется технологическими особенностями установок, степенью герметизации оборудования и размещением отдельных объектов на территории завода. Это выдвигает вопрос о борьбе с загрязнением воздушной среды от выбросов НПЗ в качестве важнейшей современной проблемы.

Глава IV

ВОЗМОЖНО ЛИ ЧИСТОЕ НЕФТЯНОЕ ПРОИЗВОДСТВО?

Земля не принадлежит нам, это мы принадлежим Земле. И не мы плетем паутину жизни, мы просто нити в ней. Что бы мы ни делали с этой паутиной, мы делаем это с самими собой.

Дж. Андер

В современном мире разорваны многие нити, которые связывали человека с Землей, а растущее желание людей управлять природой для получения материальных благ все более увеличивает этот разрыв. В землю закапывают промышленные нефтяные отходы, на ней строят автодороги, по ним едут автомобили, загрязняющие ядовитыми выхлопами воздух. На почву распыляют пестициды для уничтожения насекомых, отравляющих также пищу и воду для людей. Чтобы эту атаку на планету остановить, меры по охране природы должны планироваться до принятия инженерных решений, а не разрабатываться впоследствии! Удовлетворять потребности общества необходимо, используя технологии, совместимые с экосистемами, а для этого требуется полное перевооружение каждого вида промышленной (в том числе и нефтяной) деятельности, при добыче полезных ископаемых (в том числе и нефти), водо- и энергоснабжения, производства и перевозки топлива (в том числе и нефтяного).

Любая промышленность должна стать экологически чистой, чтобы сохранить видоое разнообразие в природе и обеспечить и сегодняшнему и будущим поколениям возможность удовлетворять свои жизненные потребности.

Так называемые «чистые производственные системы» отвечают этим требованиям. Они применяют только возобновляемые и годные к повторному использованию материалы, сохраняют энергию, воду и прочие ресурсы, исключают использование производства токсинов и накопление токсичных отходов. Инженерная разработка чистого производства начинается с изучения его необходимости для общества, только потом создается технологический процесс, не разрушающий, а поддерживающий природные системы региона. При этом необходимо принимать разумные решения относительно объемов производства, типа сырья, места его добычи и методов переработки, технологии производства, транспортировки сырья, готовой продукции, коммерческого и бытового использования продукции (все сказанное относится и к нефти).

Необходимо обеспечивать максимальную экологическую чистоту нефтепродукции на всех стадиях производства. Она должна отвечать следующим требованиям:

- быть нетоксичной и не содержать вредных примесей;
- производиться по энергосберегающим технологиям;
- изготавливаться из тех нефтересурсов, добыча которых не разрушает экосистему;
- предназначаться для длительного или многократного использования;
- предусматривать вторичное использование или вступать в круговорот в природе.

Системы чистого производства в принципе не предусматривают так называемые средства очистки «на выходе»:

- фильтры и очистители, в которых накапливаются те же токсичные отходы в твердом и жидком виде;

– методы дальнейшей переработки отходов, в том числе и нефтяных, которые якобы уменьшают их количество, а на самом деле переносят загрязняющие вещества в воздух или воду в процессе сжигания, концентрации или выпаривания;

– распыление, растворение или диффузию токсичных веществ в окружающую среду, при которых опасность отходов становится невидимой и поэтому еще более опасной.

Токсичными называются любые вещества, представляющие непосредственную угрозу для окружающей среды и здоровья людей; не встречающиеся в природе или же встречающиеся, но опасные для человека и экологических систем в большом количестве или в большей концентрации.

Переработка любых отходов (в том числе нефтяных) превратилась в сверхприбыльный бизнес. Фирмы получают деньги за то, что собирают «чужие отходы» от вредных производств, а нефтяные компании готовы платить им деньги, чтобы избавиться от ответственности за производство отходов. Но отходы при этом не исчезают, они просто трансформируются в другое состояние и выбрасываются в воздух, воду, землю. Когда отходы рассеяны, уже невозможно наказать тех, кто виновен в ущербе, нанесенном природе и здоровью людей. Развитие «менеджмента отходов» является недопустимым следствием так называемого «кризиса отходов» и не совместимо с самой стратегией чистого производства.

Но захоронение и сброс отходов в реки, моря, канализационные системы, в землю и воздух продолжают загрязнять окружающую среду. Ко времени, когда могут установить причину отравления воды, почвы или дна водоема, невосстановимый урон природе уже нанесен. Захороненные нефтеотходы проникают в почву, даже если они изолированы пластиком. Зараженные грунтовые воды попадают в ручьи и озера, загрязняя почву и источники питьевой воды на долгие годы. При сжигании нефтеотходов в атмосферу выбрасываются несгоревшие и новые, образовавшиеся в процессе горения, токсичные веще-

ства, например, оксиды ванадия V_2O_5 , никеля NiO, молибдена Mo_2O_3 . По воздуху они могут переноситься на большие расстояния, но рано или поздно оседают на землю или в воду и потом попадают в продукты питания. Отработанные фильтры, ядовитая зола и другие нефтеотходы закапываются в землю, а оставшиеся после нейтрализации токсичных веществ просто сливаются в водосток.

Только «система чистого производства» позволит поставить проблему охраны окружающей среды и здоровья людей на первое место при принятии производственных решений.

Следующие меры предложены как различные пути перехода к чистому производству.

- Потреблять осознанно и меньше. Нужно изменить свои привычки и отношение ко многим вещам. Необходимо прекратить легкомысленное потребление мировых природных ресурсов богатыми слоями общества и развитыми промышленными странами. Потребители в состоянии изменить структуру рынка, отказываясь покупать токсичные и одноразовые товары, продукцию с избыточной упаковкой, выращенные с применением химии продукты питания и природное горючее в огромных масштабах.
- Беречь природные ресурсы, пользоваться только возобновимыми источниками энергии. Для прекращения зависимости от природного горючего нужно в глобальном масштабе заняться разработкой проектов по децентрализации производства и потребления энергии, по разумному использованию только возобновляемых энергоресурсов и постоянному поновлению того, что было изъято у природы.
- Требовать свободного допуска к экологической информации. Все сведения по производству любых продуктов должны стать доступными. Необходимо обеспечить отчетность всех отраслей промышленности. Случаи использования коммерческими компаниями вредных веществ, изготовления токсичной нефтяной продукции или выработки

токсичных нефтяных отходов должны становиться достоянием гласности.

- Добиваться принятия мер по защите здоровья работников. Рабочие, занятые в производстве токсичных химикатов и переработке нефти, должны получать компенсацию, возможность переквалифицироваться на новую работу, и это – как часть программы свертывания токсичных нефтяных производств.
- Требовать контроля за чистотой производства, пресекать случаи захоронения, слива и выброса в атмосферу нефтяных отходов. Для обеспечения чистоты производства от начала до конца необходимо оценивать каждую его стадию. Результаты должны показывать, что весь производственный процесс соответствует этим принципам. Отрасли промышленности, в производственном цикле которых есть нефтяные вещества, должны выработать планы по прекращению их использования или производства, а вновь создаваемые производства не должны иметь разрешение на применение загрязняющих технологий.
- Требовать запрещения уничтожения токсичных отходов вообще. Необходимо остановить строительство новых комплексов по их захоронению и сжиганию, в том числе нефтеотходов. Функционирующим предприятиям надо установить сроки свертывания выработки токсичных отходов и перехода к системе чистого производства.
- Бороться за запрещение вредных технологий и торговли отходами. В развитых промышленных странах законы по охране окружающей среды должны быть все строже. Необходима разработка международного законодательства, которое запретило бы захоронение токсичных отходов, выпуск товаров и использование технологий, не соответствующих экологическим стандартам, поскольку в ходе переработки отходов создаются новые токсичные вещества, происходит их дополнительное рассеивание, подвер-

гающее опасности персонал предприятий и население районов, где происходит переработка.

- Добиваться судебного преследования лиц, санкционирующих загрязнение окружающей среды. Руководство промышленных компаний должно нести юридическую ответственность за деятельность своих предприятий, представляющую угрозу для окружающей среды и здоровья рабочих, такую как выбросы токсичных химических веществ в окружающую среду и выпуск и распространение экологически вредной продукции. Приговоры, штрафные санкции и другие решения суда, факты судебных расследований должны широко предаваться гласности. Каждый человек должен способствовать продвижению человечества к экологически гармоничному и справедливому обществу!

В историческом же плане человечество осознало необходимость принятия действенных мер по охране природы только лишь в начале XX в., когда вредное воздействие промышленных загрязнений уже стало оказывать заметное отрицательное влияние на здоровье человека.

На *первом этапе* применялась стратегия рассеивания вредных веществ в атмосферу (высокие трубы ТЭЦ или удаление нефтяных вредных стоков от береговой зоны). Однако самоочищающая способность окружающей среды была полностью исчерпана уже в начале 1950-х гг. Из-за трансграничного переноса загрязняющих веществ, в том числе нефтяных углеводородов, началось глобальное нарушение биосферы.

На *втором этапе* параллельно с рассеиванием нефтепредприятия стали оснащаться очистными и фильтрационными установками для предотвращения загрязнений атмосферы и водоемов, но образующиеся при этом концентрированные отходы поступали в шламохранилища, давая вторичное загрязнение.

На *третьем этапе* возникли производства по утилизации, переработке и обезвреживанию нефтяных и других промыш-

ленных отходов. Они могли бы полностью решить проблемы предотвращения загрязнения окружающей среды, если бы не высокая стоимость переработки. В 1970-е гг. малоотходные и тем более безотходные производства вряд ли были возможны в нефтяной индустрии.

На *четвертом этапе* развития прогресса возникло направление совершенствования промышленного производства до экологически чистого – постепенное экономически выгодное преобразование производства с предотвращением (или уменьшением) образования отходов.

В настоящее время термин «чистое производство» (cleaner production) используется широко. Остановимся на следующем определении чистого производства.

Экологически чистое производство означает непрерывное приложение комплексной превентивной стратегии охраны окружающей среды к технологическим процессам и продукции с целью снижения риска для здоровья людей и самой окружающей среды.

Для чистого производства используют схему, где загрязнения от любого промышленного предприятия показаны в виде треугольника, каждый угол которого обозначает определенный вид загрязнения: сточные воды (сбросы), выбросы в атмосферу и твердые отходы (рис. 1).

Нефтянику-экологу важно знать сам принцип работы нефтепромышленного предприятия по общей технологической схеме: потребление ресурсов (нефтяного сырья, энергии, воды), образование загрязнений (выбросов летучих углеводородов в атмосферу, сбросов сточных вод и твердых нефтеотходов). Внутри каждого НПЗ обычно имеется ряд технологических цехов (участков), на которых образуются загрязнения как *первичные источники вредных веществ*. Далее эти небольшие количества сливаются в общие жидкие и газообразные потоки или переходят в общую массу нефтяных твердых отходов.

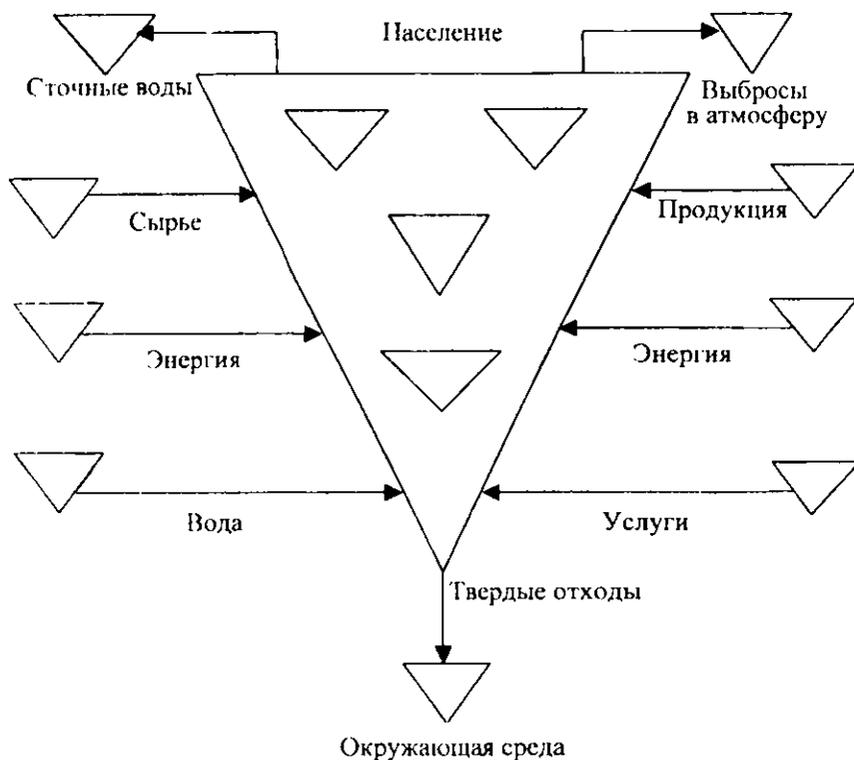


Рис. 1. Загрязнения от любого промышленного предприятия

При очистке сточных вод, газовых выбросов и переработке твердых отходов образуются уже *вторичные загрязнения*. Любому предприятию для работы требуются исходные сырье, вода, энергоресурсы, поэтому вредные вещества могут возникать даже на стадии подготовки самого производства. Вне технологического процесса при использовании готовой нефтепродукции, транспорта или других услуг также появляются соответствующие виды загрязнения. При поиске оптимального

пути предотвращения вредного воздействия производства на окружающую среду рассматривают варианты решения в комплексе, анализируя их как с экологических, так и экономических позиций. В этом и состоит один из основных принципов чистого производства – *предотвращение загрязнения выгодно*.

Основываясь на схеме загрязняющих потоков как во внутренней, так и во внешней сферах технологического процесса, используя экономические и технические возможности предприятия, можно постепенно уменьшить вредное воздействие производства в целом. Очевидно, что проводить весь комплекс работ по чистому производству под силу только группе инженерно-технических специалистов, при полной поддержке руководства предприятия. Необходимость этого условия следует из определения термина «чистое производство», которое означает *постоянное движение по пути небольших, но экологически и экономически выгодных проектов*.

От чистого производства любое предприятие по нефтепереработке получает следующие выгоды:

- *в сфере окружающей среды:*
 - сокращение выбросов загрязняющих веществ;
 - отсутствие необходимости в складировании отходов на свалках;
- *в области охраны труда:*
 - уменьшение риска профессиональных заболеваний;
 - улучшение условий труда на рабочих местах;
 - повышение привлекательности работы для молодежи;
- *в области экономики:*
 - сокращение затрат на сырье, энергию, топливо, воду, на очистку сточных вод, пыле- и газообразных выбросов и утилизацию отходов;
 - сокращение транспортных расходов;
 - уменьшение экологических платежей и штрафов;
- *во взаимоотношениях с населением:*
 - повышение уровня репутации данного предприятия;

– сокращение жалоб населения в административные и судебные органы.

Стратегией экологически чистого производства стала норвежская модель программы 1990-х гг. «Чистое производство». Она была опробована в Польше, Чехии, Словакии, начала применяться и в России. Во главу угла программ по этой модели поставлен главный принцип чистого производства – *предотвращение загрязнения выгодно для экономической эффективности любого экологического проекта*. Это делает норвежскую программу необходимой для руководства, заинтересованного прежде всего в экономической стороне и готового оказывать поддержку деятельности, направленной на увеличение прибыли предприятия.

В программах по экологически чистому производству используются следующие основные термины.

Окружающая среда – внешняя среда, включая воздух, воду, землю, природные ресурсы, флору, фауну, человеческое общество и их взаимосвязи; общество рассматривается как элемент среды, на который оказывается техногенное воздействие.

Воздействие на окружающую среду – изменения в окружающей среде (как отрицательные, так и положительные), являющиеся (полностью или частично) результатом техногенной деятельности. Воздействие в виде потоков вещества, энергии, информации, которые непосредственно образуются в окружающей среде (или планируются в результате антропогенной деятельности) и приводят к отрицательным изменениям в природной среде и к последствиям этих изменений.

Организация – компания, фирма, предприятие, учреждение, орган власти, их часть или комбинация (частная или государственная), которая выполняет свои функции и имеет систему управления; если в организацию входят несколько структурных единиц, такие подразделения могут рассматриваться как отдельные организации.

Предотвращение загрязнения – это использование процессов, материалов, практических приемов, продукции таким образом, чтобы избежать, сократить или принять контрольные меры в отношении загрязнения, включая рецикл, очистку, изменения процесса, механизмы управления, эффективное использование ресурсов и замену материала. Выгодность предотвращения загрязнения определяется возможностью сокращения воздействия на окружающую среду, увеличения эффективности и уменьшения затрат на производство.

Природопользователи – предприятия, организации, а также граждане России, иностранные юридические лица, которые при осуществлении хозяйственной, управленческой и иной деятельности оказывают воздействие на качество среды, в том числе на воздух, почву, воду и недра земли.

МОНИТОРИНГ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Факты интересны только тогда, когда
необязательно их придерживаться! Надо
найти свежий подход и выстроить из этих
фактов свое понимание.

Даниил Гранин

Мониторинг – многоцелевая информативная система наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды – является необходимой составной частью экологии. Принятие правильных решений при управлении качеством природной среды полностью зависит от достоверности информации и надежности систем мониторинга. Однако сегодня нормативная база охраны окружающей среды не отвечает современным требованиям. Например, в системе Газпрома нормативы охраны атмосферного воздуха (примерно 400 документов) много лет не пересматривались, а современные методики по определению степени загрязнения почвы практически отсутствуют. Необходима разработка ряда новых отраслевых методик и нормативов.

Среди известных в настоящее время методов дистанционного зондирования атмосферы преимущество за лазерным, где локаторы получили название *лидаров*. Основные компоненты любого лидара – это лазер, передающая и приемная антенны, узкополосный оптический фильтр, приемник и усилитель, система автоматизированной обработки сигналов. Разработаны лидары с такими лазерами для газового анализа атмосферы по методу дифференциального поглощения. Используя извест-

ный закон Бургера, получают значение средней концентрации исследуемого газа. Метод эффективно применяется при определении в атмосфере углеводородов C_nH_{2n+2} , оксидов углерода CO и CO₂, паров воды, озона O₃.

Для решения задач общего производственного экологического мониторинга наибольшее распространение получили методы:

- лазерного газоанализа;
- оптической спектрометрии;
- тепловой и термодинамической съемки;
- газогеохимического анализа;
- СВЧ-радиометрии;
- аэрофотосъемки.

Что касается мониторинга самих нефтепродуктов, то сопоставление ПДК нефти и нефтепродуктов (0,01–0,1 мг/л) в воде с пределами обнаружения по методам, обычно применяемым для анализа природных и очищенных вод, подтверждает необходимость предварительного концентрирования. В табл. 2 приведены пределы обнаружения нефтепродуктов различными методами.

Таблица 2

Пределы обнаружения нефтепродуктов

Метод анализа	Пределы обнаружения нефтепродуктов, мг/л
Гравиметрия	0,2–1,0
Пикнометрия	0,3–20,0
Нефелометрия	0,3–1,0
Люминесценция	0,01–0,6
УФ-спектрофотометрия	0,02–5,0
ИК-спектрофотометрия	0,01–0,2
Газовая хроматография	0,1–1,0

Методы концентрирования нефтепродуктов, содержащихся в воде, можно разделить на *абсолютное концентрирование*

(перевод микрокомпонентов из большого объема в малый, что позволяет снизить предел обнаружения) и *относительное концентрирование*, получившее гораздо большее распространение. Оно заключается в отделении определяемых компонентов от мешающих макрокомпонентов основы. Предварительное концентрирование облегчает пробоотбор и повышает точность определения (за счет устранения влияния мешающих определению веществ). Хотя возможно и обратное явление – из-за потерь определяемых компонентов.

В качестве экстрагента для определения углеводородов нефти, кипящих при температуре более 100 °С, применяется тетрахлорметан CCl_4 . Экстракционное концентрирование тетрахлорметаном проводят для последующего детектирования нефтепродуктов методом ИК-спектроскопии. Метод не требует отгонки растворителя после концентрирования нефтепродуктов, поэтому устраняются потери легколетучих компонентов. Для концентрирования нефтепродуктов экстракционным методом в качестве экстрагента используют вместо тетрахлорметана менее токсичные растворители – фреоны. Для ароматических и ненасыщенных углеводородов нефти рекомендовано экстракционное концентрирование с последующей УФ-спектрофотометрией при $\lambda = 270$ нм.

Одним из наиболее перспективных методов является *сорбция*. Она позволяет не только концентрировать, но и разделять сложные смеси веществ. Сорбция в динамических условиях не требует сложной аппаратуры и позволяет пропустить через колонку большие объемы, необходимые для достижения заданных коэффициентов концентрирования. В качестве сорбентов для концентрирования органических веществ применяют активированные угли, синтетические иониты, графитные сажи, макропористые полимерные сорбенты и модифицированный силикагель, а также материалы на основе фторопласта и полипропилена. На полимерных сорбентах концентрируют органические соединения различ-

ных классов: алканы, ароматические углеводороды, кетоны, спирты.

Нефть – «черное золото» мира, и еще древним народам были известны ее горючие свойства. С середины прошлого века она становится сырьем для топлива и смазочных масел. В наши дни о ценности «черного золота» можно судить по той борьбе, которая ведется в мире за право обладания им. Нефть, тысячелетиями скрытая под толщей земли и лишь в некоторых местах выходящая на поверхность, не наносила вреда живому. Теперь человек извлекает и использует ее, она приносит ему пользу, но ставит под вопрос существование не только людей, но и всего живого на Земле.

Такой вид нефтяного загрязнения, как загрязнение гидросферы, способен нарушить нормальные условия среды значительных по размерам рек, водохранилищ, озер, океанов и морей, грунтовых и подземных вод. Загрязнение населенных мест – это поступление в атмосферный воздух, воду и почву химических веществ, неблагоприятно изменяющих среду. Наибольшую роль в загрязнении населенных мест играют теплоэнергетика, химическая и нефтехимическая отрасли промышленности, а также транспорт. Загрязненность ими населенных мест приводит к резкому увеличению заболеваемости населения (см. гл. VII). Например, загрязнение может проявляться в виде смога (смеси дыма, тумана и пыли). Интенсивный смог вызывает удушье, приступы бронхиальной астмы, аллергические реакции, раздражение глаз, гибель растений, даже повреждение зданий и сооружений.

Предприятия нефтегазовой отрасли выбрасывают ежегодно в атмосферу загрязняющих веществ около 10% валового выброса в целом по России! Увеличилось водопотребление и количество загрязненных сточных вод на единицу добычи нефти, в поверхностные водоемы ежегодно сбрасывается до 25 млн. м³ загрязненных сточных вод. Дополнительный ущерб окружающей среде наносят аварии на буровых установках и

платформах, а также на магистральных газо- и нефтепроводах. Все это типичные причины загрязнения нефтью поверхностных вод и земельных угодий.

Отрадно, что в последние годы нефтяные компании стали уделять больше внимания строительству предприятий, производящих трубы с высокими антикоррозионными свойствами. Проводится также работа по обеспечению безопасной эксплуатации магистральных трубопроводов. На объектах отрасли создаются специальные подразделения, оснащенные высокоэффективной техникой для борьбы с аварийными разливами нефти. Биологическая очистка вод и территорий, загрязненных нефтью, производится с применением различных современных биопрепаратов и микрофлоры.

Все перечисленное требует использования следующих методов экологического мониторинга.

Кулонометрия – метод электрохимического анализа, основанный на измерении количества электричества, прошедшего через электролизер при электрохимическом окислении или восстановлении вещества. Измерив количество электричества, определяют массу вещества, а затем пересчитывают эту массу на концентрацию вещества в пробе. Кулонометрия – абсолютный (безталонный), единственный пока физико-химический метод анализа, не использующий зависимость свойства от концентрации определяемого вещества, так как измеряется непосредственно число электронов в электродной реакции. Кулонометрию можно проводить при постоянном потенциале (E) рабочего электрода (потенциостатический режим) либо при постоянном токе электролиза (I) (гальваностатический, или амперостатический, режим).

При определении CO_2 в атмосферном воздухе осуществляют *барботирование воздуха* с помощью компрессора, через раствор электролита из $SrCl_2$, KCl и H_3BO_3 с постоянной скоростью 100 мл/мин. при интенсивном перемешивании раствора и токе электролиза в 100 мА. По времени барботирования (10 мин.)

рассчитывают объем пропускаемого воздуха и приводят его к нормальным условиям с учетом температуры воздуха и барометрического давления (рис. 2).

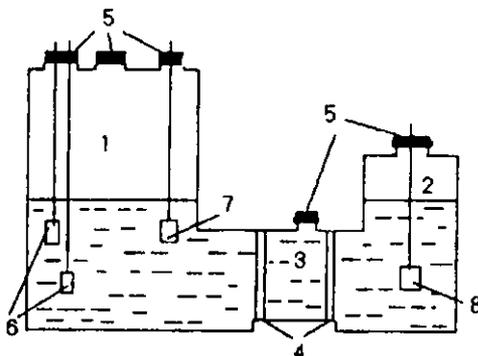


Рис. 2. Схема электрохимической ячейки:

1 – катодная камера; 2 – анодная камера; 3 – промежуточная камера; 4 – фильтры Шота; 5 – резиновые пробки или пробки со штифтами; 6 – индикаторные платиновые электроды; 7 – генераторный платиновый электрод; 8 – вспомогательный платиновый электрод

Для определения содержания воды в органических смесях используется *влажметрия* с помощью анализатора влагосодержания (рис. 3). Анализатор предназначен для измерения содержания



Рис. 3. Анализатор влагосодержания кулонометрический

содержания воды в пробах топлива, масел, загрязненных почв, органических растворителей, получаемых при нефтепереработке. Анализатор может комплектоваться различными ячейками в зависимости от конкретного объекта, в котором определяется содержание воды. Комплект анализатора

состоит из измерительного преобразователя и электрохимической ячейки, снабженной генераторным стеклоуглеродным электродом и двумя поляризованными индикаторными платиновыми электродами, а также магнитной мешалки. Измери-

тельный преобразователь выполнен на основе микропроцессора с автономным питанием и отражением результатов измерений на жидко-кристаллическом дисплее.

В основе *вольтамперометрических методов анализа* лежит измерение предельного диффузионного тока, величина которого пропорциональна концентрации вещества, обуславливающего данный ток. Метод *инверсионной вольтамперометрии* успешно применяется для определения следовых количеств различных металлов, в том числе нефтяного и топливного происхождения (ванадий, никель, свинец), в объектах окружающей среды (воздух, вода и почва, растительность), пищевых и других. Высокая чувствительность дает возможность обнаруживать этим методом следовые количества токсичных металлов в природных водах и питьевой воде. Исследуемый раствор, содержащий анализируемые вещества, подвергают электролизу при непрерывно изменяющемся напряжении. При одновременном присутствии в растворе нескольких ионов (с различными потенциалами восстановления или окисления) на полярограмме получается несколько волн, соответствующих электропревращению каждого из них.

Качественный полярографический анализ основан на определении потенциала середины полярографической волны (потенциала полуволны), поскольку для каждого участвующего в электролизе вещества характерен свой потенциал полуволны.

Количественный полярографический анализ основан на том, что при определенных условиях величина диффузионного тока пропорциональна концентрации анализируемого вещества в растворе. На практике для количественного определения веществ применяют главным образом метод стандартов, метод градуировочного графика и метод добавок. В современных полярографах, оснащенных компьютером, такие измерения производятся автоматически.

Определение ионов тяжелых металлов нефтей методом *инверсионной вольтамперометрии* выполняется на установке, состоящей из ячейки, в которую помещается анализируемый раствор, стеклоуглеродного электрода, полярографа и магнитной мешалки. Рабочие растворы тяжелых металлов готовятся из соответствующих солей металлов с исходной концентрацией по анализируемому металлу 1,0 мг/мл: раствор цинка – из соли нитрата цинка $Zn(NO_3)_2 \times 6H_2O$; раствор меди – из соли меди (II) сульфата $CuSO_4 \times 5H_2O$; раствор кадмия – из кадмия нитрата $Cd(NO_3)_2 \times 4H_2O$; раствор свинца – из нитрата свинца $PbNO_4$. Из основных рабочих растворов готовят серию стандартных растворов с массовыми концентрациями ионов металлов 0, 01 мг/мл. Полученные результаты сравнивают с предельно допустимыми концентрациями ионов тяжелых металлов в водах хозяйственного и бытового назначения.

Молекулярный спектральный анализ (молекулярный абсорбционный анализ) основан на поглощении света молекулами анализируемого вещества в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра. К этой же разновидности относится и люминесцентный (флуориметрический) анализ, основанный на измерении излучения, возникающего в результате выделения энергии возбужденными молекулами анализируемого вещества.

Спектрофотометрический метод – анализ по поглощению монохроматического света, он основан на пропорциональной зависимости между светопоглощением и концентрацией поглощающего вещества. Светопоглощение характеризуется оптической плотностью, которая при постоянной толщине слоя раствора прямо пропорциональна концентрации:

$$A = \epsilon l C,$$

где A – оптическая плотность раствора;

ϵ – коэффициент светопоглощения;

l – толщина слоя анализируемого раствора;

C – концентрация, моль/л.

Определение массовой концентрации нефтепродуктов в воде методом *ИК-спектрофотометрии* заключается в выделении эмульгированных и растворенных нефтяных компонентов из воды экстракцией четыреххлористым углеродом, хроматографическом отделении нефтепродуктов от сопутствующих органических соединений на колонке с оксидом алюминия и их количественном определении по интенсивности поглощения С–Н связей в инфракрасной области спектра. ИК-поглощение CH_3 и CH_2 групп происходит на характеристической длине волны 2960 см^{-1} . Метод позволяет проводить анализ питьевых, природных и очищенных сточных вод для определения в них массовой концентрации нефтепродуктов в диапазоне концентраций $0,02\text{--}2,00 \text{ мг/дм}^3$.

Достоинствами метода являются метрологическая стабильность и надежность результатов определения при одновременном содержании нефтепродуктов, простота в эксплуатации, малый расход реактивов. Метод применяется при экологическом, санитарном и технологическом контроле, широко используется в центрах по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также госсанэпиднадзора, управлений водопроводных хозяйств, предприятий транспорта, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической и промышленности топливно-энергетического комплекса.

Экстрактор лабораторный (рис. 4) предназначен для экстракционного концентрирования нефтепродуктов, ПАУ, фенолов, хлорорганических соединений, тяжелых металлов и других загрязняющих

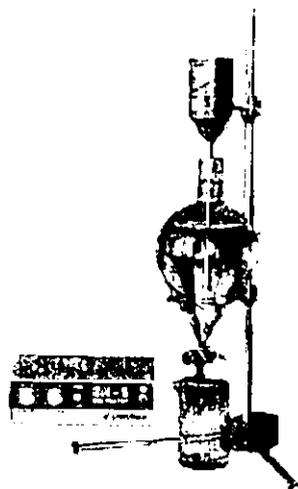


Рис. 4. Экстрактор лабораторный ЭЛ-1

веществ из нефти, а также любыми органическими растворителями. Блок управления экстрактора представляет собой стабилизатор скорости вращения мешалки с возможностью внешнего переключения скорости и времени вращения и снабжен устройством отчета времени вращения. Полученные результаты подвергаются анализу, используя методы математической статистики, находят доверительный интервал результата определения и стандартное отклонение.

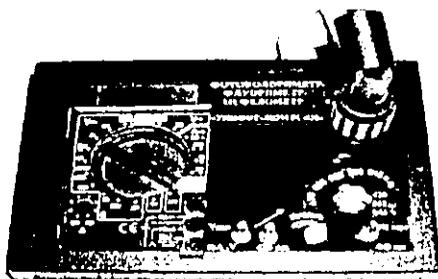


Рис. 5. Фотоколориметр-флуориметр

Фотоколориметр-флуориметр (рис. 5) предназначен для измерения коэффициента пропускания и отражения, оптической плотности, люминесценции (возбужденной и собственной), рассеяния в видимой области спектра и после калибровки определения концентраций веществ в водных и невод-

ных растворах. Отличительной особенностью такого фотометра является схема переключения фотоприемников, позволяющая поочередно измерять интенсивность света, прошедшего через образец, и света, рассеянного образцом. В первом варианте прибор работает как абсорбциометр (фотоколориметр), а во втором – как флуориметр и нефелометр. Кроме того, при отключенных источниках света прибор работает как люминометр, т. е. измеряет собственную (невозбужденную) люминесценцию раствора. Он может использоваться в агрохимических, экологических и аналитических лабораториях промышленных предприятий, научно-исследовательских учреждений, органов контроля, инспекции и надзора для анализа природных и сточных вод, а также технологических нефтяных растворов.

В настоящее время количество вносимых в окружающую среду химических соединений достигает 400 тыс. наименований. Все они характеризуются различной степенью токсичности по отношению к живым организмам. Главные загрязнители химической природы классифицируют по степени их токсического действия, выделяя при этом наиболее токсичные с учетом, например, стресс-индексов (табл. 3).

Таблица 3

**Стресс-индексы для разных категорий
химических загрязнителей**

Химические загрязнители	Стресс-индекс
Пестициды	140
Тяжелые металлы (в том числе из нефти)	135
Отходы АЭС	120
Твердые токсичные отходы	120
Взвешенные вещества от металлургии	90
Неочищенные сточные воды (в том числе от нефти)	85
Диоксид серы SO ₂	72
Разливы нефти	72
Химические удобрения	63
Органические бытовые отходы	48
Оксиды азота N _x O _y	42
Радиоактивные отходы	40
Городской мусор	40
Фотохимические окислители	18
Летучие углеводороды (в воздухе)	18
Оксид углерода CO	12

Из табл. 3 видно, что разливы нефтей, неочищенные сточные воды, тяжелые металлы нефтей (V, Ni) и топлива (Pb) являются одними из самых губительных для природы и человека.

Приведем недавний пример необходимого широкого мониторинга окружающей среды. 13 ноября 2002 г. в 27 милях от мыса Финистерре на западе испанской провинции Галисия разыгралась трагедия. Ее главным действующим лицом стало нефтеналивное судно «Престиж», загруженное 77 тыс. т мазута. Попав в сложные штормовые условия с шквальным ветром и восьмиметровыми волнами, этот танкер получил тяжелые повреждения корпуса, и ему ничего не оставалось, как послать сигнал SOS. Уже через 5 мин. в воздух был поднят вертолет испанской спасательной службы, снявший команду с терпящего бедствие судна. Из самого же танкера с 25-градусным креном и огромным отверстием в правом борту почти год продолжала выливаться нефть в открытое море.

Поиски того, кто заплатит за понесенный ущерб, начались на следующий день после аварии. В то же время спасательные операции по уборке нефтепродуктов, осуществляемые и местными жителями, и общественными организациями, не принесли должного успеха из-за отсутствия необходимых финансовых ресурсов. Природе испанской Галисии был нанесен огромный материальный ущерб.

Спустя 3 года после аналогичной трагедии с танкером «Эрика», в длительных переговорах и судебных разбирательствах по искам о загрязнении окружающей среды, в Европе опять судят о том, как могло произойти такое. И снова задают вопрос: кто же будет платить по счетам на сей раз?

А платить должен, как это принято, клуб взаимного страхования, в реестр которого был внесен танкер «Престиж». Причем придется покрыть все расходы по нейтрализации и сбору нефтепродуктов. Клуб в аналогичных ситуациях с самого начала участвует в наблюдении за всеми этими работами, с тем чтобы во внимание брались только реальные иски против судна. В данном случае с «Престижем», когда загрязнение столь серьезно, иски следуют в первую очередь со стороны

фирм, занимающихся производством морепродуктов, а также администраций курортов, зон отдыха и водоопресняющих предприятий. По сути, убыток потерпели все последние, понеся имущественный ущерб, а это означает, что клуб вынужден заниматься их претензиями в первую очередь, и такой штраф будет оплачен полностью.

Отныне, согласно достигнутой договоренности между Францией и Испанией, все танкеры, срок служба которых превышает 15 лет и не имеющие двойного корпуса, станут объектом особой проверки в территориальных водах этих двух стран. Фактически речь идет о моратории на их допуск в прибрежную экономическую зону упомянутых государств.

От Евросоюза добиваются закрытия для данной категории танкеров всего околоконтинентального морского пространства. Кстати, ранее ЕС уже принял решение о введении новых ограничений на монокорпусные танкеры (к 2006 г.) и об окончательном запрещении их использования (к 2015 г.). Авария «Престижа» привела к принятию новых, более энергичных мер и радикальному пересмотру запретов. В итоге будут введены более жесткие нормы контроля над нефтяными танкерами, хотя на это и потребуются значительное время, так как решения в организации принимаются всеми 162 странами – членами ЕС.

Следует вспомнить в связи с этим историю с Босфором и Дарданеллами, когда Турция попыталась ограничить проход через них нефтяных танкеров. В дальнейшем оказалось, что международное законодательство имеет большую силу, нежели национальное. Тем не менее в ближайшие годы однокорпусные танкеры могут столкнуться с серьезными трудностями, и они станут просто экономически нецелесообразными.

Если Международной морской организации удастся ужесточить нормы использования танкеров, то в мире, скорее всего, может возникнуть дефицит безопасных судов. Такая ситуация коснется и России, которая после распада СССР осталась

практически без крупных танкеров (они остались в основном у стран Балтии). И выход в общеевропейском плане видится один: в наращивании сухопутной транспортировки нефти по уже действующим и пока еще строящимся трубопроводам. Что же касается трансатлантических перевозок, то здесь приоритет, конечно же, по-прежнему за крупными танкерами (при строгом контроле за их техническим состоянием).

Постоянный мониторинг окружающей среды становится неукоснительным требованием ко всем видам техники, работающей в любых сферах планеты.

ОСОБЫЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕФТИ

Мир вобламучен, и чистоты лишен и
красоты. И вскоре связь вещей прервется...

У. Шекспир

6.1. О государственных (стратегических) запасах нефти

Создание российского стратегического резерва нефти является важной современной задачей - к такому выводу пришли участники Круглого стола осенью 2002 г. в Центре стратегических разработок РФ по теме «Национальные нефтяные резервы: мировой опыт и российские перспективы».

Как показали первые рабочие контакты в рамках совместного российско-американского энергетического диалога, формирование на территории России стратегического топливного резерва может рассматриваться как важный компонент сотрудничества двух стран. В ходе заседаний двусторонней рабочей группы было особо отмечено, что формирование у нас в стране нефтяного резерва будет способствовать стабилизации мировых и внутренних цен на энергоресурсы. С американской стороны при этом была выражена полная готовность в предоставлении информационных материалов и технических рекомендаций по созданию необходимой транспортной инфраструктуры.

Идея формирования российского государственного нефтяного резерва (ГНР) согласуется с недавними инициативами

Европейского союза (ЕС) по созданию (в условиях растущих цен и поставок топлива) дополнительных стратегических запасов нефти и газа во всех европейских странах. Европейской комиссией по энергии и транспорту была рассмотрена программа реорганизации стратегических резервов топлива в странах ЕС и система мер на случай возникновения острого топливного кризиса - программа предполагает увеличение всех имеющихся запасов энергоносителей.

В настоящее время страны ЕС импортируют до 70% необходимой им нефти и 40% газа, а к 2020 г. эти показатели могут составить соответственно 90% и 70%. План комиссии предусматривает, что все страны - члены ЕС к 2007 г. создадут свои стратегические резервы нефти, необходимые для обеспечения минимальной потребности в топливе в течение 120 дней. Одна треть этих запасов, обеспечивающая текущее потребление примерно на 40 дней, должна пойти на формирование совместного резерва европейских стран, что может обеспечить рост внешнеторговых доходов России, являющейся одним из главных экспортеров топливного сырья в Европу.

При создании российского ГНР возникает ряд естественных вопросов по формированию и функционированию дополнительных запасов нефти. Сюда, в частности, относятся такие вопросы, как размеры резерва, где и в каких резервуарах с учетом климатических факторов и военно-стратегических ограничений хранить нефть, как организовать ее транспортировку и др. Самым непростым является вопрос, касающийся возможной стоимости создания и поддержания резерва. Если строить для этого специальные новые подземные хранилища такой же емкости, как в США (см. ниже), то совокупные затраты могут быть не меньше американских, которые, согласно опубликованным данным, составили (за 25 лет) около 20 млрд. долл. Таких средств в современном российском бюджете нет. Даже при объеме ГНР в 5-10 млн. т (что планируют создать в краткосрочной перспективе) и использовании аренды соответ-

ствующих емкостей у нефтяных компаний очевидно лишь то, что России как экспортирующей стране нет смысла копировать американский опыт создания резерва, а желательно исходить из собственных долгосрочных планов.

Как известно, в 2001 г. примерно из 350 млн. т нефти, добытой в России, 2/3 были направлены на экспорт, а на долю российских потребителей пришлось около 100 млн. т. Сокращение последнего компонента в пользу накопления ГНР может вызвать соответствующие негативные последствия. Как свидетельствует опыт США, создавших самый крупный в мире стратегический нефтяной резерв, эффективное управление его использованием требует сочетания быстрого принятия оперативных решений и одновременного многостороннего контроля его состояния со стороны различных независимых ветвей власти.

В стратегическом нефтяном резерве США общая емкость расположенных в подземных полостях хранилищ в настоящее время составляет до 30 млн. барр. нефти. Типичная емкость имеет цилиндрическую форму диаметром около 70 м и протяженностью до 700 м. Все запасы нефти разделены на 8 частей по различной плотности и составу, каждая из которых занимает от 2 до 13 хранилищ. Использование устойчивых соляных геологических формаций для закачки нефти позволяет снизить стоимость ее хранения и обеспечить *длительную сохранность запасов без существенного риска для окружающей среды*. Так как эти полости находятся на глубине 600–1200 м от поверхности, то существующее геологическое давление внутри окружающих горных пород препятствует утечкам нефти, а разница температур на разных глубинах вызывает интенсивное ее перемешивание, что препятствует расслоению и сгущению нефти.

Согласно техническим условиям нефть может поступать при отборе из хранилищ резерва с максимальной скоростью: в течение первых 90 дней в объеме до 4 млн. барр. в сутки; при более экономном начальном режиме использования резерва

(1 млн. барр. в сутки) запасов может хватить для снабжения американского внутреннего рынка на протяжении 1,5 лет.

Большое значение имеет низкая уязвимость подземных хранилищ в случае военного нападения, а основные технические системы резерва должны быть способны исправно функционировать даже в случае близкого нанесения ядерного удара. Постоянный персонал служащих ГНР составляет 125 человек; на контрактной основе там занято еще около 1000 специалистов по техобслуживанию различных насосных и контрольно-измерительных систем. Расчет минимальной емкости хранилищ сделан на ожидаемом потреблении за 10-дневный период, необходимый на транспортировку дополнительного жидкого топлива морским путем в порты США. Был принят закон об энергетической политике и энергосбережении, который придан ГНР постоянный статус самостоятельного компонента государственного обеспечения энергетической безопасности США. Для надежности и лучшей защиты на случай террористических нападений запасы резерва рассредоточены в 8 местах хранения – в наземных терминалах.

В 2001 г. в рамках новой программы национальной энергетической политики был выделен дополнительный резерв как необходимая часть системы национального топливного снабжения в периоды экстремальных погодных условий. Министерство энергетики США дополнительно разместило еще 250 тыс. барр. коммунального топлива. Данная операция стала началом формирования (вместе с новыми наземными и морскими портовыми перегрузочными терминалами) стратегического резерва коммунального и моторного топлива для удовлетворения растущих потребностей.

Приведем пример из истории создания нефтяных резервов США, где уже с начала прошлого века существовали отдельные военно-морские нефтяные резервы в виде ряда законсервированных месторождений нефти и нефтеносных сланцев. Потребность в них возникла в связи с ускоренным переводом боевых

кораблей флота с угля на жидкое топливо. Отвод территорий на эти запасы был начат еще в 1910 г. и определил полномочия исполнительной власти по выделению крупных резервных земельных участков, содержащих месторождения топливного сырья. На протяжении последующих лет были образованы 2 нефтяных резерва, позднее к ним были добавлены еще нефтяные резервы на северном побережье Аляски. Добыча нефти на территории резервов была приостановлена после завершения Второй мировой войны. В 1976 г. в разгар энергетического кризиса были введены в действие новые законодательные нормы использования нефтяных резервов, которые предусматривали возможность выведения их из режима консервации и осуществления лицензионной эксплуатации имевшихся там ресурсов. В условиях растущего топливного дефицита (1977 г.) нефть из нескольких самых крупных месторождений на Аляске стала транспортироваться по Трансальяскинскому трубопроводу в глубоководный транзитный порт США Валдиз.

После снижения цен на импортную нефть к началу 1990-х гг. месторождения нефтяных резервов потеряли свое военное значение, в том числе из-за окончательного перевода кораблей с сырой нефти и мазута на новые специальные сорта дизельного топлива. Был расформирован нефтяной резерв с полной рекультивацией входивших в его состав земель. Министерство энергетики начало программу окончательного вывода из федеральной собственности всех оставшихся военно-морских резервов и передачи прав на эксплуатацию их топливных ресурсов компаниям. Также были проданы лицензии на крупные месторождения нефтегазоносных сланцев топливного резерва, где кроме нефти была начата и добыча природного газа. В 2000 г. еще одно сланцевое месторождение бывшего нефтяного резерва было передано в собственность индейским племенам, на землях которых оно было открыто. Сложный путь по созданию важных ГНР России предстоит пройти в ближайшие годы.

6.2. Экологический нефтяной терроризм

Террористические атаки осенью 2001 г. против США вновь подняли проблему выживания человечества, поставили перед наукой задачи переосмысления терроризма как явления современности, равно как переоценки угрозы международной безопасности, которые он с собой несет. Ситуация в мире сегодня заметно осложняется тем обстоятельством, что отсутствие очевидных и локализованных источников угроз как бы лишает адресности конкретные антитеррористические меры, что не только снижает эффективность борьбы с терроризмом, но и прибавляет к числу жертв террора не меньшее число столь же невинных жертв антитеррора. В конечном итоге это имеет следствием рост напряженности и недовольства в обществе. По этой причине борьба с терроризмом является делом, требующим большой осторожности.

В современной литературе под экологическим терроризмом понимаются иногда совершенно разные явления:

– радикальные акции «зеленых» в защиту окружающей среды;

– деятельность или халатность, приводящие к ухудшению природной среды;

– действия, направленные на умышленное загрязнение природной среды с целью нанесения противнику экологического урона, в том числе с помощью сжигания нефти.

В России именно последняя трактовка более соответствует содержанию понятия экологического терроризма. Именно такой терроризм еще более опасен, чем другие его виды, поскольку насильственные действия применяются к гражданам (или их собственности) опосредованно – через природную среду, существование в которой в дальнейшем будет затруднено или невозможно. Экологический терроризм приводит, как правило, к необратимым и трудноустраняемым последствиям, которые могут иметь и глобальный характер. Достаточно

напомнить, что при радиоактивном загрязнении окружающая среда может остаться непригодной для жизни на многие сотни, даже тысячи лет.

Экологический терроризм – это преднамеренное загрязнение окружающей среды или соответствующие угрозы, направленные на достижение политических, религиозных и идеологических целей. Экологический терроризм может иметь крайне тяжелые последствия как для отдельных людей, так и для всего общества. К счастью, пока известно не так уж много случаев террористических действий такого рода.

Примером того, как загрязнение окружающей среды может быть использовано в качестве оружия, стала война в Персидском заливе 1991 г., когда, уходя из Кувейта, армия Ирака умышленно повредила нефтепроводы и выпустила большое количество нефти в Персидский залив, в результате чего в заливе погибли почти все морские животные, рыбы, черепахи и птицы. Кроме того, иракские солдаты подожгли в Кувейте около 600 нефтяных скважин, вызвав пожары, которые продолжались почти год. По этой причине в регионе ежемесячно осаждалось около 800 тыс. т нефтяной сажи и шли кислотные (серные) дожди.

Умышленное загрязнение окружающей среды может быть использовано не только в военных целях, но и как аргумент при отстаивании своих определенных прав. Так, в июле 2000 г. доведенные до отчаяния рабочие ликвидируемой текстильной фабрики на севере Франции вылили в реку 1000 л серной кислоты, и их требования были выполнены администрацией в полном объеме. Это событие потрясло всю страну.

В другом случае (вообще один из первых примеров экологического терроризма) перед Олимпийскими играми из итальянского танкера «Лаура Д'Амато» в гавани Сиднея вылили, по разным оценкам, от 14 до 80 тыс. л сырой нефти, это привело к серьезным экологическим последствиям. Разлив нефти про-

изошел в результате сознательных действий со стороны недовольных членов экипажа итальянского танкера.

Конечно, экологический нефтяной терроризм не имеет пока столь широкого распространения по силе глобальности своих последствий. Однако у современных террористов быстро повышается материальная обеспеченность и техническая оснащенность. Поэтому основной целью сегодня становится контролируемое государствами использование оружия массового поражения, которому не может не сопутствовать загрязнение окружающей среды.

К сожалению, нынешние террористы – это нередко профессионалы, использующие последние достижения военной науки и техники, реактивную авиацию, спутниковую связь, ракеты с тепловыми головками наведения, а в скором времени, возможно, они смогут получить в свой арсенал и атомную бомбу. Эксперты одного из подразделений по предупреждению ядерного терроризма в США давно сделали вывод: создание примитивного ядерного устройства, несмотря на трудности его непромышленного изготовления, вполне по силам террористической группировке, использующей знания специалистов. С 1975 г. в США около сотни раз выдвигались угрозы применения ядерного оружия (к счастью, нереализованные). Американские газеты совместно с телекомпаниями провели опрос общественного мнения, чтобы выяснить, что представляет бóльшую опасность – военная мощь Советского Союза или терроризм, поддерживаемый исламскими государствами. Только 15% американцев посчитали советскую военную мощь серьезной угрозой безопасности, остальные же опрошенные назвали главным источником своих опасений именно терроризм.

Гораздо вероятнее ожидать от террористов экологических диверсий на предприятиях атомной промышленности, и подобные попытки уже известны. В начале 2000 г. безработный японец пытался взорвать ядерный завод в научном центре вблизи Токио. В ноябре 1995 г. чеченские террористы размес-

тили контейнер с радиоактивным цезием-137 в Измайловском парке Москвы, где он был вовремя обнаружен.

Однако (по оценкам экспертов) в настоящее время главные угрозы терроризма связаны с применением химического и бактериологического оружия, которое проще и дешевле в изготовлении и наиболее доступно террористам. И то и другое может быть применено не только для непосредственного уничтожения людей, но и для заражения продуктов, питьевой воды, водоемов, почтовых отправок, т. е. всего, чем пользуется население.

В России известны примеры экологических терактов с применением химического оружия. Чеченские бандиты-террористы многократно поджигали бочки с нефтью или отравляющими веществами. При этом был нанесен малый ущерб российской армии, но серьезный мирному населению и особенно природе, прежде всего почве и водным источникам. Подобные действия против природы не могут не вызывать осуждения и не оставляют сомнений в их экотеррористическом характере. Известны и такие акты, как прямое уничтожение техногенно опасных объектов, препятствование проезду железнодорожных вагонов с нефте- и радиоактивными отходами, уничтожение посевов генмодифицированных культур или выпуск на волю зверей из вивария и многое другое.

Впервые отдельные случаи «зеленого» радикализма (к примеру, блокада предприятий, деятельность которых представляет опасность для природной среды) были зарегистрированы в середине 1990-х гг., но широкого распространения действия такого рода пока не получили. Но уже сейчас международные эксперты предсказывают в недалеком будущем активизацию идей «зеленого» радикализма, когда различные организации «зеленых» будут переходить к противоправным действиям. Не располагая эффективной и признанной государственной системой воздействия на правительства, они не имеют

другой возможности заставить считаться с собой. Трудно сказать, какие формы обретет «зеленый» радикализм, какие методы возьмет на вооружение, но вторжение его в нашу жизнь становится опасным. Пока же эти методы не приводят к человеческим жертвам, а если и наносят материальный вред (в виде убытков или упущенной выгоды), то только тем субъектам хозяйствования, которые своей деятельностью уже нанесли ущерб природе.

Отношение общественности к радикальным действиям таких «зеленых» сегодня неоднозначно и простирается в широком диапазоне – от осуждения и отрицания до одобрения, основанного на том, что намерения «зеленых» благородны, а противоправные действия случаются от государственного равнодушия к экологическим проблемам, например, к замачиванию огромных территорий, таких как Коми (см. прил.).

Аргументы противников «зеленых» тоже известны. Так, иркутские бизнесмены ставят в вину экологам создание антирекламы целому региону, благодаря которой с недавних пор Байкал считается самым грязным озером планеты. Экологи решили, что таким образом привлекут внимание к проблемам озера, но получилось все наоборот, и теперь на Байкал не едут туристы, туда не поступают инвестиции.

Разумеется, что подобные непродуманные действия влекут за собой юридическую ответственность «зеленых» радикалов и компрометируют движение в целом. Мало того, насильственные акты таких любителей природы провоцируют государственных деятелей на самые крайние меры против всех экологических организаций.

В отличие от радикализма «зеленых», экологический терроризм всегда предполагает варварское отношение к природе. Именно этот смысл нашел отражение в 2000 г. при оценке экологической обстановки в Чечне, когда ее территория стала целой зоной нефтяного экологического терроризма. Дело в

гом, что в течение последних лет здесь появилось большое количество (более 15 тыс.) кустарных нефтезаводов и нефтеперегонных установок. Построенные без учета технических норм, они эксплуатировались без какого-либо надзора. Нефть не только бесконтрольно добывалась и транспортировалась, но и опасно (с точки зрения экологии) перерабатывалась. Легкие фракции (бензин и керосин) собирались, а тяжелые просто сливались на грунт. Это привело к формированию мощных очагов загрязнения нефтепродуктами подземных вод, зон аэрации и почвы. К 1995 г. более 30% территории Чечни характеризовались как зона экологического бедствия, еще около 40% территорий имели статус зоны с особо неблагоприятной экологической обстановкой.

Эксперты ООН считают сегодня необходимым санкции за порчу собственной экологической среды, поскольку становится очевидным, что экологические проблемы имеют не только негативные региональные, но и ощутимые глобальные последствия.

Разноплановые угрозы международного терроризма с 2001 г. заставили переосмыслить сложившиеся представления о государственной безопасности России, в том числе экологической безопасности. Потребность в пересмотре отношения к ней особенно возросла после заявления об активном участии России в антитеррористической коалиции нескольких государств. Фактическое состояние войны с талибами в Афганистане означает реальную угрозу осуществления ими террористических действий против России. Не меньшая угроза терроризма исходит до сих пор и от чеченских группировок. В такой ситуации нельзя исключать возможность и самых разнообразных экологических диверсий. Многочисленные угрозы представляются еще более серьезными для приграничных субъектов Российской Федерации, в частности для Челябинской области. Отмечается, что для экологического терроризма современный Урал особенно привлекателен. Здесь вблизи государственной гра-

ницы расположены крупные предприятия тяжелой промышленности, интерес для террористов могут представлять объекты нефтяной и химической промышленности, а также предприятия ядерной индустрии.

Таким образом, современной России и отдельным ее субъектам предстоит решать сложные проблемы предотвращения экологических угроз со стороны агрессивных сил, расположившихся на территориях соседних государств. В создавшихся условиях необходимо быстро разработать и принять комплекс мер для предотвращения возможных экологических диверсий, включающих наказание за халатность и бесхозяйственность, усиление контроля и охраны в санитарно-защитных зонах предприятий, закрытие воздушного пространства над предприятиями атомной, химической и нефтяной промышленности. Нет сомнений, что борьба с международным терроризмом требует срочных разноплановых и действенных мер, в том числе и в современной армии.

6.3. Топливные проблемы армии

В современных условиях «военная экология» становится важной наукой о последствиях деятельности вооруженных сил в условиях все ухудшающегося качества окружающей среды и растущего дефицита потребляемых природных ресурсов, в первую очередь топливных. Неизбежно «военная экология» становится наукой об обороне страны со строгим учетом не только ее экономических возможностей, но и современных экологических ограничений. При оценке воздействия на окружающую среду опираются, как и в общей экологии, на разные геосферы: войска на территории суши, на акватории Мирового океана и в воздушной среде.

Что касается энергетического потенциала, необходимого для функционирования вооруженных сил (ВС), то он обеспе-

чивается как возобновляемыми, так и невозобновляемыми топливными ресурсами. Результаты использования невозобновляемых топливных ресурсов (нефти и ее разнообразных фракций) в военных целях («Буря в пустыне», Югославия, «Шок и трепет»), а также результаты аварийных ситуаций (танкеры «Амоко Кадис», «Престиж») становятся отдельной ветвью промышленной экологии.

Экотоксикология, важнейший раздел науки об окружающей среде, изучает (см. гл. VII) влияние химических и физических загрязнителей на здоровье населения страны, в том числе и ее ВС. Указанные загрязнители и здесь должны рассматриваться в двух разных аспектах: как по типу их воздействия и по последствиям для человеческого организма, так и, наоборот, по путям ликвидации этого воздействия.

Такое выделение ВС в самостоятельный блок обусловлено несколькими обстоятельствами. Это, в первую очередь, принципиальная невозможность создания экологически чистого оружия и другой военной техники: известно, что *любая война неэкологична*. Также и наличие в ВС исключительно мощных потенциальных источников экологической опасности: ядерное и химическое оружие, атомный подводный флот, ракетное оружие и др.

Крупные аварии и катастрофы на объектах армии и флота вполне могут быть сравнимы с Чернобыльской аварией. Известно и наличие источников воздействия на природную среду, возникающих в результате жизнедеятельности войск или флота: твердые и жидкие радиоактивные отходы, вырезанные реакторные отсеки атомных подводных лодок, химически загрязненные территории и акватории, бытовые отходы и льяльные воды кораблей флота. Главное здесь – снизить экологическую опасность существующих образцов техники путем модернизации или применения специальных технических и организационных мер, среди которых можно выделить: утилизацию и захоронение реакторных отсеков атомных подводных

лодок, захоронение твердых и жидких радиоактивных отходов, очистку акваторий и территорий базирования войск и сил флота от загрязнений нефтепродуктами. Говоря вообще о задачах по обеспечению экологической безопасности, уместно привести известную поговорку: «Чисто не там, где убирают, а там, где не сорят».

Мировой океан, занимающий более 70% поверхности Земли, все больше вовлекается человеком в сферу своей деятельности, акватории океанов и морей все шире используются военным и торговым флотом. Это сопровождается увеличением содержания в морской воде загрязняющих веществ. Ежегодно в море попадает около 15 млн. т нефти, поступающей со сточными водами с суши и объектов на море, в том числе при эксплуатации кораблей и судов.

Особое опасение в начале нового тысячелетия вызывает загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами, которое имеет место из-за сбросов с кораблей, танкеров или от береговых военных служб. Разлитая нефть растекается на поверхности воды на сотни миль, образуя нефтяные поля, движущиеся под действием ветра и морских течений.

Под действием локальных условий, таких как течения, ветер, температура воздуха и воды, солнечная радиация, микробиологические факторы, пролитая нефть (особенно тяжелые ее фракции) обычно загустевает в вязкую массу, которая налипает на береговую черту и гидротехнические сооружения и суда, губит всякую растительность, птиц и животных). Естественно, подводный и надводный флот с атомным энергообеспечением тоже создаст предпосылки для попадания радиоактивных продуктов в море в результате сброса в воду радиоактивных газов, утечек теплоносителей и особенно при авариях.

Для экологического топливного статуса на флоте, конечно, проводятся специальные организационные и технические мероприятия. Они должны обеспечивать рациональное использование природных ресурсов и надлежащую защиту окру-

жающей среды, с документальным оформлением таких мероприятий.

Что касается самих судов, то те, которые способны сами обеспечивать очистку загрязненных вод (до допустимого содержания нефти в стоке примерно 15 мг/л), имеют право производить сброс уже очищенных вод прямо в море (на расстояние не менее 12 миль от берега, за исключением особых районов). Об этом делается запись в «Журнале нефтяных операций». Наиболее загрязненную часть сбрасывать в море запрещено, она должна сохраняться на борту (в опломбированных спецприемниках). Встречаются и особые случаи, когда сброс нефтеводной смеси необходим для безопасности судна или если сброс произошел из-за повреждения корпуса самого судна. Тогда капитану корабля, естественно, приходится решать о степени угрозы загрязнения нефтью (фракциями нефти) акватории и береговой линии и о необходимости вызова спасательных служб и других экстренных мер. Пример упомянутого танкера «Престиж» продемонстрировал абсолютно неверное поведение капитана и команды (это часто случается на плавсредствах под флагом малых стран), приведшее к катастрофическим последствиям у западных берегов Испании, Португалии и Бискайского залива.

На флотах и военно-морских базах имеются планы (организационные и технические) по ликвидации нефтяных загрязнений и оказанию помощи потерпевшему судну. Известны и габариты ликвидируемого аварийного разлива в открытом море (не менее 1 км от берега с учетом акватории самой военно-морской базы). Важнейшим при ликвидации нефтяного загрязнения является обязательный учет скорости дрейфа нефтяного пятна, она составляет 4% от скорости ветра. Толщина нефтяной пленки летом, составляющая 1 тыс. т сырой нефти, образует на поверхности воды пленку толщиной 1 мм и размером 1 км².

Известно, что средствами локализации разливов нефти могут быть боны – негорючие, пленочные и локальные передвиж-

ные и стационарные. Целесообразность их выбора зависит от высоты борта и волнения вод, мелководности, защищенности акватории и многих других факторов. Танкерный флот в случае аварийной ситуации использует и механические нефтесборники, и это единственный путь, полностью безопасный для морской флоры и фауны. Применение многочисленных химических препаратов (таких, например, как «Путидойл») ввиду их токсичности для обитателей моря оправдано только в случае невозможности собрать нефть механически. Более безопасно для флоры и фауны моря сбрасывать на урез воды или в прибойную полосу рыхлые материалы, способные поглощать нефть. Затем пропитанную маслянистой нефтью бумагу или опилки уничтожают в специальных местах, загрязненный песок и гальку зарывают в глубине берега, не утилизируемые нефтенлам и замазанные материалы сжигают в специальных устройствах. Рекомендуется для подготовки экипажа и контингента, привлекаемого для перечисленных операций, периодически проводить масштабные учения по ликвидации разливов нефти на море.

Есть и другие нефтепродукты, которые могут загрязнять воду. Без применения горюче-смазочных материалов нельзя обойтись в современной армии и флоте. Боевые машины и транспортные средства, разнообразные технические устройства с двигателями внутреннего сгорания, дизельные и тепловые электростанции и котельные – все это потребляет огромные количества бензина, реактивного и дизельного топлива, мазута, масел и смазочных средств. А подавляющее большинство перечисленного состоит из углеводородов C_nH_{2n+2} , основным источником получения которых и является нефть.

Приведем ПДК некоторых нефтепродуктов в воздухе и в воде водоемов. В основном нефтепродукты считаются токсикантами IV класса, и самые ядовитые среди них – это бензины, содержащие непредельные углеводороды и тяжелые остатки нефтей, еще и обогащенные ароматическими соединениями, например бензолом (табл. 4).

Таблица 4

**Предельно допустимые концентрации (ПДК)
нефтепродуктов, мг/м³ (I и II) и мг/л (III)**

Продукт	I ПДК с. с.	II ПДК р. з.	III ПДК вода	T _{квп} , °C
Бензины	1,5	100	0,1	70–205
Бензин крекинга	0,05	–	1,5	70–205
Керосин	–	300	0,1	110–325
Масла нефтяные	–	5,0	1,0	–
Бензол	0,1	5,0	0,5	80
Нефть	–	–	0,3	40–420

Все приведенные в табл. 4 нефтяные продукты опасны для живой природы. Попадая в организм человека и животных, они вызывают заболевания органов дыхания и центральной нервной системы (см. гл. VII). Как загрязнители, они еще опасны и в связи с тем, что весьма подвижны и могут перемещаться по почве, воде и воздуху. В результате их действия в водоеме при концентрации всего 0,05–0,1 мг/л погибает икра и вся молодь, выше 0,1–1,0 мг/л – планктон; 10–15 мг/л нефтепродукта уже смертельны для взрослых особей рыб. Выжившая в этих условиях рыба имеет «керосиновый запах» и практически несъедобна.

Всего 1 г керосина или дизельного топлива делает непригодным для потребления 2 тыс. л пресной воды (как питьевой). Тяжелые фракции нефтей оседают на придонной, береговой и плавающей растительности, создавая длительный источник загрязнения воды. Правда, нефтепродукты постепенно окисляются аэробными бактериями до менее вредных и даже безвредных продуктов (особенно в теплый сезон и за длительное время). Известно, что при исходной концентрации нефти 1 мг/л процесс самоочищения водоема завершается к концу месяца, но это только в теплое время года. При температуре воды 5–10 °C бактериальное разложение нефти прекращается, и она сохраняет свои ядовитые свойства продолжительное время.

При обслуживании кораблей и любых других объектов следует помнить, что нефтепродукты перевозятся с нефтеперерабатывающих заводов в цистернах, хранятся в резервуарах нефтебаз и на нефтезаправках. Эти продукты по 4–5 раз подвергаются перекачке, как правило, с потерями и образованием отходов. Такие отходы и потери имеют место даже при соблюдении всех правил обслуживания при работе с нефтепродуктами, в том числе при испарении, перекачках и хранении. Отработанные масла сливаются еще и из двигателей, трансмиссий, воздухоочистителей. Отстой сливается из резервуаров складов, а осадки, удаляемые при зачистке складов, котельных и других топливных систем, должны собираться.

Благодаря присутствию в нефти еще и значительных концентраций двух металлов – ванадия и никеля ($V \sim 10^{-1}$ и $Ni \sim 10^{-2}\%$ сырой нефти) – она является особо опасной. Ванадий накапливается в мягких тканях человека, его дневная доза составляет 0,2 мг (с пищей и воздухом). Ванадий опасен для человека, так как ингибирует более 10 ферментных систем, нарушая при этом нормальные циклы в организме, он вызывает астму и сужение кровеносных сосудов. Никель в организме человека главным образом присутствует в коже и слизистых оболочках, ежедневное его потребление составляет 0,3–0,6 мг в основном с растительной пищей и воздухом. Особое внимание уделяется никелю как канцерогенному элементу, поскольку в больших концентрациях он способствует развитию рака носа и горла, как и ванадий, этот металл блокирует ферменты.

Обеспечение экологической безопасности деятельности сухопутных войск сильно зависит от состояния технического парка, предназначенного для хранения, обслуживания и ремонта артиллерийской, бронетанковой, автомобильной и другой техники. Понятно, что в аэропортах, на аэродромах, флотских базах тоже имеются свои технические парки, которые необходимо поддерживать в надлежащем состоянии.

С целью снижения загрязнения атмосферного воздуха эксплуатационными выбросами все стоянки, пункты технического обслуживания и ремонта вооружения оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией с фильтрами и системой для отвода отравляющих дымных газов из двигателей. Для зарядки кислотных и щелочных аккумуляторных батарей имеются отдельные помещения. Особое внимание в технических парках уделяется охране природных вод. Пункты технического обслуживания должны находиться на расстоянии не менее 200 м не только от водоема, но и от границы водоохранной зоны. Для предотвращения проникновения нефтепродуктов в почву и воду отработанные масла и смазки собирают и отдают на склад горючего. Резервуары с топливом на пунктах заправки устанавливают на фундаменте (при высоком уровне грунтовых вод) или на песчаной подушке (при низком уровне этих вод). Дороги в постоянном техпарке должны иметь дренаж и входить в ливневую систему канализации. При передвижении сухопутных подразделений на машинах строго запрещается тяжелой технике заезжать на природоохранные участки, а при движении в зоне водоема следует передвигаться медленно, объезжая дамбы и плотины. Не следует мыть технику в водоеме, а при заправке боевых и транспортных средств горючим, смазочными материалами или иными нефтепродуктами обращать особое внимание на предохранение от них вод.

Имеется еще один общий источник загрязнения территории военных баз (на суше), в аэропортах и на прилегающих к ним территориях, а также баз сухопутных войсковых соединений – это автомобильный транспорт, который широко используется для перевозки личного состава и материального снабжения (доставки топлива, стройматериалов и вообще любых грузов). Автомобильный транспорт с двигателем внутреннего сгорания или дизельного типа интенсивно загрязняет окружающую среду любого региона (см. гл. I).

Особое внимание экологической безопасности любых типов войск уделяется в подразделениях радиационной, химической и биологической защиты. Здесь учитываются возможности применения дымовых и зажигательных средств, растворов для спецобработки, приборов с источниками ионизирующих излучений. Такого типа войсковые соединения требуют особого и строго документированного отношения, а указанная экологическая проблема, естественно, специального рассмотрения.

Современная военная авиационная техника и обеспечивающие ее работу наземные объекты способны оказывать сильное негативное воздействие на окружающую среду. Боевые самолеты, вертолеты, аэродромы, склады авиационного горючего, радиолокационные системы являются источниками загрязнения. Выбросы из авиационных двигателей продуктов сгорания в атмосферу могут привести даже к разрушению местного биогеоценоза! В реактивной авиации наиболее распространенным топливом являются авиационные керосины ($\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 300 \text{ мг/м}^3$), в которых имеется увеличенное содержание циклических и ароматических углеводородов, а это еще больше повышает токсичность авиационного топлива.

Источники загрязнения здесь хорошо известны: это проливы при заправке, слив остатков из баков топливных систем летательных аппаратов, сброс невыработанного топлива из самолета в воздух (при авариях). Авиационные газотурбинные двигатели дают повышенное дымление только на взлете–посадке, поэтому понятна причина максимального неблагоприятного воздействия на окружающую среду именно в районе аэродромов. При недобросовестном обращении с топливом на аэродромах имеются участки с топливной золой, даже наземные и подземные лужи керосина и горюче-смазочных средств.

С другой стороны, велики и сами масштабы применения авиационного топлива. Известно, что масса топлива, потребного для обеспечения полета, равна от 30 до 60% взлетной

массы самолета. Для современных самолетов невырабатываемый (и несливаемый) остаток топлива при возвращении на базу (как военную, так и транспортную) достигает 3–4% от их полной заправки. Еще больший экологический риск имеется для специальных режимов авиационной техники – при взлете и посадке на авианесущем корабле, дозаправке в воздухе, осуществлении воздушно-десантных операций и в иных особых случаях. Понятно, что безопасность авиационной техники во многом зависит от исправности подачи топлива в двигатель, правильного управления перекачиванием, заправки–слива топлива на земле или в полете.

Аэродромы и базирующаяся на них авиационная техника занимают большие территории, производят шумовое загрязнение, что плохо действует на окружающую среду, например, для обитания птиц и животных. Шум, создаваемый авиационными двигателями, слышен не только на территории аэродрома, но и далеко за его пределами. Так, самолет в полете производит шум в 80 дБ (I группа). Шум уже до 135 дБ возникает при взлетах–посадках летательных аппаратов II группы (табл. 5). Экотоксикологический результат шумов хорошо известен. При действии более суток шум вызывает понижение слуха и уменьшение производительности труда до 30%. Шум более 135 дБ уже относится к III группе (при запуске двигателя). За 8–12 ч он приводит к резкому ухудшению здоровья и даже к летальному исходу. Шумы II и III групп ведут к глухоте (временной или постоянной), к ухудшению самочувствия летного и обслуживающего персонала.

Наглядный пример выброса в окружающую среду нефтепродуктов и продуктов их горения имел место в 2003 г. как результат военной операции «Шок и трепет» в Ираке, но последствия этого выброса еще до конца не исследованы. После операции «Буря в пустыне» в Персидском заливе в 1991 г. большая часть нефтяных загрязнений была отмечена при спуске топлива из терминала Си-Айленда, от разрушения сборников-очистителей

Таблица 5

Допустимые уровни авиационного шума

Время суток	Максимальный предел, дБ	Эквивалентный предел, дБ
Днем (с 7 до 23 ч)	85	65
Ночью (с 23 до 6 ч)	75	55

Хафджи, а также от бомбардировок авиацией нескольких иракских танкеров. По оценкам комиссии ОПЕК, обследовавшей в 1991–1992 гг. 150 береговых участков Ирака, количество загрязнявшей территории нефти составило 1,7 млн. барр. Для очистки от такой массы нефти потребовалось более 2-х лет! В 1993 г. комиссия сообщила, что в результате войны 1991 г. в Персидском заливе общий объем пролитой нефти составил 2 млн. барр., из них 1,4 млн. было удалено из воды (главным образом с поверхности), а примерно 30% испарилось, загрязнив уже воздушную сферу региона. Тяжелым и до конца необследованным загрязнением оказались нефтяные отложения на морском дне. Другой не менее трудной проблемой стала ликвидация собранной в море и на суше нефти, содержащейся многие месяцы во временных емкостях на территории региона.

Приведем сведения о предпринятых после войны 1991 г. попытках очистки моря, направленных на то, чтобы предотвратить повторное поступление (благодаря ветрам и течениям) нефти с загрязненных берегов обратно в море. Для этого использовались боны и ловушки с песком. Всего на ликвидацию нефтяного загрязнения были задействованы 34 танкера различных габаритов. В результате за день извлекалось около 25 тыс. барр. разлитой нефти, затем собранная нефть направлялась в сборник за 5–10 км от места загрязнения. По данным комиссии ОПЕК, на ликвидацию последствий войны в Пер-

сидеком заливе было ассигновано более 450 млн. долл. – такая цена только экологических последствий от разлива нефти, тушения нефтяных пожаров и только от одного вооруженного конфликта!

Как оказалось, универсальных способов борьбы с нефтяным загрязнением нет. Широко используемый слоган «Разбавление – вот где решение проблемы химического загрязнения» мало применим к наличию в морской среде нефти и нефтепродуктов. Для успешной борьбы с нефтяным загрязнением во всех его видах необходимо хорошо знать, что собой представляет нефть и главные нефтепродукты (см. гл. I и II).

Свойства нефтей существенно зависят от наличия в них различных групп углеводородов, гетероатомных соединений, смол и асфальтенов – от этого соотношения зависят и ассортимент, и качество топлива.

Вязкость важна для измерения количества нефтепродуктов как топлива. Вязкостью называют свойство жидкостей или газов оказывать сопротивление перемещению двух смежных слоев друг относительно друга, это свойство отражает внутреннее трение жидкости или газа. Природа этого трения связана с преодолением сил межмолекулярного взаимодействия, которые обуславливаются ван-дер-ваальсовыми силами, т. е. ориентационным взаимодействием полярных молекул и индукционным взаимодействием полярных и неполярных молекул. Для углеводородов вязкость существенно зависит от их химической структуры и повышается с увеличением молекулярной массы и температуры кипения. Вязкость – один из важнейших показателей качества нефтепродуктов (топлив, масел, битумов), определяющий их смазывающую способность, затраты энергии на перекачку и другие эксплуатационные свойства.

Поверхностное натяжение – величина, характеризующая состояние поверхности жидкости на границе раздела фаз. Эта величина численно равна работе, которая затрачивается на

преодоление сил притяжения молекул, выходящих на поверхность. В результате действия сил поверхностного натяжения жидкость стремится сократить свою поверхность, принимает форму шара, имеющего минимальную поверхность на единицу объема. Большинство гетероатомных соединений, обладая полярными свойствами, имеют поверхностное натяжение ниже, чем у углеводородов. Их наличие играет важную роль в образовании водонефтяных и газонефтяных эмульсий и в последующих процессах разрушения этих эмульсий. Эмульсии и их свойства очень важны для понимания пути ликвидации разлива нефти и в военных, и в аварийных ситуациях на море.

Характерными *температурами нефтепродуктов* являются температуры, которые характеризуют те или иные физические свойства или их фазовые переходы. К ним относятся температуры вспышки, воспламенения, самовоспламенения, помутнения, начала кристаллизации, застывания, плавления, размягчения, начала каплепадения, хрупкости. Все эти температуры являются показателями потребительских свойств тех или иных нефтепродуктов и входят в соответствующие стандарты для потребления их как топлива.

Температурой вспышки называют минимальную температуру, при которой образующиеся над поверхностью нефтепродукта (в стандартных условиях) пары в смеси с воздухом дают горючую смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени и гаснущую из-за недостатка горючей массы в этой смеси. Эта температура является характеристикой пожароопасных свойств нефтепродуктов, и на ее основе классифицируют продукты нефтепереработки по категориям пожарной опасности.

Температурой воспламенения называют минимально допустимую температуру, при которой смесь паров нефтепродукта с воздухом над его поверхностью при поднесении пламени вспыхивает и не гаснет в течение определенного времени.

Температурой самовоспламенения (табл. 6) называют такую температуру, при которой соприкосновение нефтепродукта

Таблица 6

Температура самовоспламенения
для некоторых нефтепродуктов

Нефтепродукты	Температура самовоспламенения, °С
Бензины	400–450
Керосины	360–380
Дизельные топлива	320–380
Мазуты	280–300

с воздухом вызывает его воспламенение и устойчивое горение без поднесения источника огня. Температура самовоспламенения зависит не от испаряемости, а от химического состава нефтяной фракции (наибольшей обладают ароматические углеводороды, наименьшей – парафиновые). Чем выше молекулярная масса углеводородов, тем ниже температура самовоспламенения, так как последняя зависит от их окислительной способности. С повышением молекулярной массы углеводородов окислительная способность возрастает, и они вступают в реакцию окисления (обуславливающую горение) при более низкой температуре. Температура самовоспламенения характеризует также важные для ВС пожароопасные свойства нефтепродуктов при их внезапном контакте с воздухом (например, при внезапных течах из трубопроводов, задвижек и др.). Так, пропуск фланцевых соединений, из которых вытекает горячий нефтепродукт, может быть причиной серьезных пожаров и аварий.

Температура, при которой нефтепродукт в стандартных условиях теряет подвижность, называется *температурой застывания*. Она является характеристикой низкотемпературных свойств топлив и масел и определяет транспортабельность их при низких температурах и обустройство топливных систем двигателей и других энергоустановок.

Под *электрическими свойствами нефтепродуктов* обычно понимают явления, происходящие в них под воздействием электричества. К важнейшим показателям, характеризующим эти свойства, относятся электропроводимость, электровозбудимость, диэлектрическая прочность и тангенс угла диэлектрических потерь. Все они являются показателями качества нефтепродуктов, обуславливающими их применение (в трансформаторах, конденсаторах, выключателях высокого напряжения, маслонаполненных кабелях, при перекачках и т. д.).

Диэлектрическая прочность, или *пробивное напряжение*, – это то минимальное напряжение электрического тока, при котором между двумя дисками (диаметром 25 мм) электродов, помещенными в нефтепродукт на расстоянии 2,5 мм друг от друга, проскакивает электрическая искра. Этот показатель очень важен для всех электрических аппаратов высокого напряжения, заполненных нефтепродуктом, так как он определяет их безопасную и устойчивую работу. Величина пробивного напряжения зависит от многих факторов, таких как химический состав нефтепродукта (наличие в нем полярных соединений), содержание влаги, механических примесей (пыль, волокна и т. д.), температура, давление. Наличие полярных соединений в масле (например, смол) снижает пробивное напряжение; особенно резко оно падает от присутствия влаги. Так, если для абсолютно сухого масла оно достигает значения 200–210 кВ/см, то при влажности масла 0,002% (масс.) оно снижается почти вдвое (120 кВ/см), а при влажности 0,01% (масс.) достигает 350 кВ/см и далее (до влажности 0,1%) меняется незначительно. Для масел, используемых в трансформаторах, пробивное напряжение не должно быть ниже 40 кВ/см, а в маслонаполненных кабелях – не ниже 150 кВ/см.

Тангенс угла диэлектрических потерь – показатель изоляционных свойств масел, используемых в трансформаторах, конденсаторах и кабелях высокого напряжения. Известно, что при прохождении электрического тока по проводнику в среде

диэлектрика происходит нагрев последнего за счет электрического поля вокруг проводника тока. Электрическая энергия, затрачиваемая на нагрев окружающего диэлектрика (изоляции), называется диэлектрическими потерями. Эти потери зависят от электропроводных свойств масел и, в частности, от наличия в них полярных веществ, на поляризацию молекул которых в основном идут потери электроэнергии. Чем глубже очищено масло от полярных соединений (смола, асфальтенов, высокомолекулярных ароматических и гетероатомных веществ), тем меньше диэлектрические потери в масле. Мерой этих потерь является величина, нормируемая для электроизоляционных масел и зависящая от температуры. Для трансформаторных масел тангенса при температуре 90 °С должен составлять не более 0,5, а для кабельных масел (разных марок) при температуре 100 °С – от 0,01 до 0,003.

Глава VII

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НЕФТЬЮ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Разве должно быть иначе: мы платим
за все, не нужно и слани

И Бродский

Человек загрязняет атмосферу уже тысячелетиями, однако последствия от употребления дров, которыми он пользовался весь этот период, были незначительны. Приходилось мириться с тем, что дым мешал дыханию и что сажа ложилась черным покровом на потолке и стенах жилища, тепло было важнее, чем чистый воздух. Загрязнение воздуха не представляло проблемы, ибо люди обитали тогда небольшими группами, занимая обширную нетронутую природную среду. Так было вплоть до начала XIX в. Лишь за последние 100 лет при развитии промышленности появились такие производственные процессы, последствия которых человек еще не мог себе представить, особенно когда возникли города-миллионеры (Мехико, Шанхай, Каир, Дели, Нью-Йорк с населением порядка 20 м.лн. чел.), рост которых остановить уже нельзя.

Доля участия каждого из этих городов как источника загрязнения окружающей природной среды в общем загрязнении воздуха планеты сильно различается в зависимости от его местоположения. Общеизвестно, что наиболее сильно загрязняет воздух промышленное производство, например, электростанции на угле и нефти, которые вместе с дымом выбрасывают в воздух сернистый и углекислый газ. Вредные газы

попадают в атмосферу и в результате сжигания топлива для нужд промышленности, отопления домов, работы транспорта, сжигания и переработки бытовых и промышленных отходов.

Атмосферные загрязнители разделяют на *первичные* (поступающие непосредственно в атмосферу) и *вторичные* (являющиеся результатом превращения последних в атмосфере). Так, поступающий при переработке отходов сернистый газ окисляется в атмосфере до серного ангидрида SO_2 , который взаимодействует с парами воды и образует серную кислоту. Подобным образом в результате химических, фотохимических, физико-химических реакций между загрязняющими веществами и компонентами атмосферы образуются многочисленные продукты. Итак, главными источниками загрязнения на планете являются тепловые электростанции, металлургические и химические предприятия, котельные установки, потребляющие более 70% ежегодно добываемого твердого и жидкого топлива. Они-то и дают основные вредные вещества «промышленного» происхождения.

Каждый десятый город России имеет высокий уровень загрязнения 4-х природных сфер, в этих городах в общей сложности проживает более 50 млн. чел. Практически все города с населением более миллиона человек, а также Санкт-Петербург и Москва должны быть отнесены к I или II категориям («наиболее высокое» и «очень высокое») экологического неблагополучия. Как правило, это и есть крупные промышленные центры с наиболее опасными в экологическом отношении отраслями – химической и нефтехимической.

Предприятия нефтяной отрасли при соответствующих условиях загрязняют окружающую среду множеством опасных веществ разной токсикологической значимости. В качестве загрязнителей, помимо собственных (природных) углеводородов и продуктов их переработки, содержатся катализаторы, ингибиторы, щелочи и кислоты, вещества, образующиеся при химическом превращении нефти и нефтепродуктов, а также

поверхностно-активные и иные вспомогательные вещества, применяемые при добыче и переработке.

Токсичность нефтепродуктов и выделяющихся газов определяется, главным образом, сочетанием углеводородов, входящих в их состав. Тяжелые бензины являются более токсичными по сравнению с легкими, а токсичность смеси углеводородов выше токсичности ее отдельных компонентов. Значительно возрастает токсичность нефтепродуктов при переработке сернистых нефтей. Наиболее вредной для организма человека является комбинация углеводорода и сероводорода. Проявляется она быстрее, чем при изолированном их действии; в сочетании с H_2S оно многообразно, страдает центральная нервная система, поражается мозг.

Все углеводороды влияют на сердечно-сосудистую систему и показатели крови (снижение содержания гемоглобина и эритроцитов). Также возможно поражение печени, нарушения эндокринных желез. Действие паров связано с составом, а нефть, бедная ароматическими углеводородами, приближается к бензиновым фракциям. Большое воздействие оказывает жидкая нефть на кожу, вызывая дерматиты и экземы.

При попадании паров бензина в организм через дыхательные пути или в результате всасывания в кровь из желудочно-кишечного тракта происходит растворение жиров и липидов. Бензин поражает центральную нервную систему, может вызывать острые и хронические отравления, иногда со смертельным исходом. Все виды бензина обладают выраженным действием на сердечно-сосудистую систему, раздражение рецепторов вызывает возбуждение в коре головного мозга, которое вовлекает в процесс подавления органы зрения и слуха. При остром отравлении бензином состояние напоминает алкогольное опьянение, оно наступает при концентрации паров бензина в воздухе 0,005–0,01 мг/м³, а при 0,05 мг/м³ смерть человека почти мгновенна. В результате частых повторных отравлений бензином развиваются нервные расстройства, хотя при много-

кратных воздействиях небольших количеств возникает привыкание (понижение чувствительности).

Общее действие керосина сходно с бензином, но раздражающее влияние его паров на слизистые ткани сильнее. По токсическим концентрациям пары керосина близки к парам бензина, но они воздействуют и на кожу подобно мазутам, газойлям, смазкам, вызывая дерматиты и экземы.

Пределные углеводороды химически наиболее инертны, но все же являются токсикантами. С увеличением числа атомов углерода сила наркотического воздействия их растет, зато собственное воздействие ослабляется ничтожной растворимостью в воде и крови. Характерна неустойчивость реакций центральной нервной системы, возникающая под влиянием паров углеводородов. Это проявляется не только при высоких, но и при низких (пороговых) концентрациях. Присутствие H_2S и повышенная температура значительно усиливают токсичность.

Природный газ обычно рассматривается как безвредный, но по действию он идентичен влиянию предельных углеводородов. Главная опасность связана с удушьем при недостатке кислорода. Это может происходить при большом содержании метана CH_4 в воздухе, когда парциальное давление и удельное содержание кислорода резко уменьшаются. Природные газы, содержащие H_2S , очень токсичны, известно большое число смертельных отравлений такими газовыми смесями. Освобожденный от H_2S природный газ при концентрациях до 20% не дает токсического эффекта.

Сероводород H_2S – газ с неприятным запахом, который ощущается даже при незначительных концентрациях (10^{-6} ммоль/л), хотя прямой пропорциональности между его концентрацией и интенсивностью запаха не наблюдается. Плотность H_2S по отношению к воздуху составляет 1,912, ввиду чего он скапливается в низких местах (ямах, колодцах, траншеях). Легко растворяется в воде и переходит из растворенного в свободное состояние. В организм сероводород поступает через ор-

ганы дыхания и в небольших количествах через кожу и желудок. Он реагирует при соприкосновении с влажной щелочной поверхностью слизистых оболочек, и образующиеся сульфиды оказывают прижигающее действие. H_2S действует на центральную нервную систему, окислительные процессы и на кровь. В небольших количествах сероводород угнетает центральную нервную систему, в умеренных – возбуждает, а в больших вызывает паралич, в частности дыхательного и сосудистого центров. H_2S оказывает также токсичное действие на механизмы окислительных процессов, снижает способность крови насыщаться кислородом. При хроническом отравлении способность гемоглобина к поглощению кислорода уменьшается до 80–85%, при остром – до 15%. Наблюдается также снижение окислительной способности тканей. Привыкания к сероводороду не наступает, а наблюдается повышение чувствительности, и после перенесенных легких отравлений повторные становятся возможны при меньших его концентрациях. Сероводород при добыче и переработке нефти действует не изолированно, а в сочетании с различными углеводородами. При комбинированном воздействии веществ может изменяться даже характер его токсического влияния. Суммарный эффект комбинированного действия смеси из отдельных компонентов превосходит сумму действия этих компонентов в отдельности (синергетическое действие).

Органические меркаптаны RSH – высокотоксичные соединения, образуются при термическом воздействии на содержащуюся в нефти серу. Меркаптаны обнаруживаются в воздухе нефтегазопромысловых и перерабатывающих заводов в меньших концентрациях, чем сероводород. Меркаптаны обладают ярко выраженным специфическим запахом, благодаря чему они могут быть обнаружены в воздухе даже при концентрации до 2×10^{-9} мг/м³, поэтому их используют для одорирования природного газа.

Диоксид серы SO_2 – бесцветный газ с резким запахом, раздражает дыхательные пути, образуя на влажной их поверхности серную и сернистую кислоты. Порог раздражающего действия диоксида серы находится на уровне 20 мг/м^3 , но острое токсичное действие оказывают более высокие его концентрации. При концентрации $20\text{--}60 \text{ мг/м}^3$ SO_2 влияет на слизистые дыхательные пути и глаза, при 120 мг/м^3 вызывает одышку, и человек переносит эту концентрацию только в течение 3 мин. При воздействии в течение 1 мин. в концентрации 300 мг/м^3 человек теряет сознание. Доказана зависимость частоты острых респираторных заболеваний и хронических заболеваний легких у взрослых и детей от загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы. Порог рефлекторного действия на состояние коры головного мозга лежит на уровне $0,6 \text{ мг/м}^3$. Большинство людей ощущает запах газа в концентрации $2,6 \text{ мг/м}^3$, наиболее чувствительные – $1,6 \text{ мг/м}^3$. Таким образом, ПДК $0,5 \text{ мг/м}^3$ SO_2 лежит ниже порога ощущения запаха и рефлекторного влияния на дыхание. При одновременном присутствии в воздухе SO_2 и SO_3 ПДК обоих веществ соответственно снижается; токсичность SO_2 резко возрастает при одновременном воздействии SO_2 и CO. При концентрации сернистого ангидрида в воздухе 26 мг/м^3 хвойные деревья погибают в течение нескольких часов. При $5,2\text{--}25,0 \text{ мг/м}^3$ наблюдается острое отравление хвойных и лиственных пород, а при $1,8\text{--}5,2 \text{ мг/м}^3$ происходит хроническое их отравление.

Диоксид азота NO_2 – красно-бурый газ с удлинённым запахом, легко сжижается при температуре $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ в красно-бурюю жидкость. При температуре выше $140 \text{ }^\circ\text{C}$ начинает распадаться на NO и O_2 , а при температуре $600 \text{ }^\circ\text{C}$ распадается уже полностью. Диоксид азота воздействует непосредственно на дыхательные ткани и препятствует работе легких. При продолжительном нахождении в среде с концентрацией NO_2 $0,8\text{--}5 \text{ мг/м}^3$ развиваются хронические бронхиты, эмфизема легких и астма. Повышение концентрации оксидов азота в воздухе действует

не только на людей, но и на весь растительный мир. Воздействие на окружающую среду кислотных дождей, представляющих собой слабые растворы азотистой и азотной кислот, вызывает закисление почв и снижение продуктивности сельскохозяйственных и садовых угодий.

Загрязнителями атмосферного воздуха от деятельности нефтяных предприятий являются:

- компоненты нефти и природного газа: углеводороды, сероводород, диоксид углерода, меркаптаны, выделяющиеся в воздушный бассейн при добыче, переработке и транспортировке;

- оксиды углерода, азота и серы, образующиеся при эксплуатации оборудования, использующего нефтяное топливо;

- серная пыль из природного газа, богатого сероводородом;

- сажа, поступающая в атмосферу от заводов по производству технических углеродов;

- многочисленные химические реагенты, используемые при бурении, добыче, транспортировке и на других стадиях подготовки и переработки нефти.

Высокоопасными (санитарный класс 2) ядовитыми компонентами нефти и газа являются меркаптаны, оксиды азота, сероводород; *умеренно опасными* – метанол, диоксид серы (санитарный класс 3); *малоопасными* (санитарный класс 4) – оксиды углерода и все предельные углеводороды. К *чрезвычайно опасным* (класс 1) относятся ванадий, никель и другие металлы нефтей.

По характеру воздействия на человека токсиканты нефтепромышленности разделяют на следующие виды:

- *нервные*: тяжелые углеводороды, сероводород, меркаптаны, тетраэтилсвинец;

- *раздражающие*: оксиды азота и серы;

- *кровяные*: монооксид углерода, образующий стойкий карбоксигемоглобин;

– *удушающие*: метан и пропан при залповых утечках предельных углеводородов (азот, инертные газы, уменьшающие содержание и парциальное давление кислорода в воздухе); человек погибает при падении парциального давления до 118 мм рт. ст. от кислородной недостаточности.

Перечисленные выше токсиканты нефтяного происхождения могут выделяться на всех стадиях технологического процесса, в том числе и в смеси, представляя серьезнейшую опасность для человека и природы.

З а к л ю ч е н и е

Чем тоньше лед, тем больше хочется
убедиться, выдержит ли он.

Джош Биллингс

Не следует думать, что экологические нефтяные проблемы появились только в конце XX в. Охрана окружающей среды при нефтедобыче и переработке – одна из наиболее серьезных проблем наших дней, но она далеко не нова и возникла одновременно с промышленной добычей нефти. С загрязнением нефтью и нефтепродуктами целых регионов и водных бассейнов Россия столкнулась уже в конце XIX в. Несмотря на то, что объемы работы с нефтью в то время были малы (по современным представлениям), сами масштабы загрязнений по тем временам оказались таковы, что возникла опасность первых экологических катастроф. Объяснением тому были низкий технический уровень и бытовавшее мнение (оно распространено и сейчас) о безграничных возможностях природы. Но во второй половине XIX столетия в России уже сформировались две зоны экологического бедствия, связанные с нефтью, – это полуостров Апшерон и территория Чеченской Республики.

После изобретения (в 1853 г.) керосиновой лампы в мире возник огромный спрос на керосин (осветительный керосин). Его получали примитивной перегонкой нефти, и самогонный керосин был доступен каждому. Торопясь заработать на его производстве, люди устраивали микроразовые заводы по перегонке

нефти непосредственно в городе, а в качестве топлива использовали саму нефть, поэтому местность покрывалась дымом, участились пожары. В начале 1870-х гг. подобная деятельность в Баку была запрещена, а для целей перегонки отводилась земля в окрестностях Баку, где через 3 года действовало уже 80 нефтеперегонных заводов. Вокруг них возникали поселки, называемые сейчас «черными или нефтяными городами». Эти действия следует считать первой природоохранной акцией местных властей, которые вынесли вредное производство за пределы города. Сам же «черный город» становился экологической бедой, нефтяные остатки спускали прямо в ямы, а кислотные и щелочные реки текли прямо по улицам. «Вся почва пропиталась ими, так что по многим улицам ездить стало положительно невозможно. Учет нефти ведется ведрами, при этом неизбежны ее проливы на землю», – писал крупнейший нефтепромышленник того времени В.И. Рагозин.

Большая часть нефти добывалась открытым способом, при котором терялось (вследствие испарения, уноса грунтовыми водами, фильтрации из амбаров) до 10% нефти. Например, отходы перегонки, к которым тогда относили и мазут, сжигали в ямах или выбрасывали прямо в Каспийское море. При переработке нефти рекомендовали нефть просто «подержать на воздухе» для отбензинивания, чтобы отбор керосиновой фракции при перегонке проходил полнее. Транспортировка нефти осуществлялась по Каспию и Волге. За время водного пути от Баку до Нижнего Новгорода утечка нефти, например, составляла до 1% из железных барж и до 6% из деревянных барж.

В 1880-х гг. рыбопромышленники Каспия впервые забеспокоились о состоянии рыбных запасов, а через 10 лет загрязнение уже достигло критического уровня. Концентрация нефти на поверхности воды достигала 220 мг/м^2 , резко сократились уловы белорыбницы и сельди, а рыба и раки стали пахнуть нефтью и потеряли свое пищевое качество. Кое-где полностью исчезли ценные виды рыб, и отдельные водоемы стали непри-

годны для водоснабжения. Рыбопромышленников можно было понять: за 20 лет (с 1878 по 1898 г.) уловы сельди на Волге снизились в 8 раз, и ровно в 8 раз за это же время увеличилась добыча нефти на Апшеронском полуострове. В те времена трудно было представить, что можно было бы загрязнить такую большую реку, как Волга. Кроме того, считалось, что поскольку нефть легче воды и в ней не растворяется, то на водные организмы она не может оказывать никакого воздействия.

Специальная экспедиция ученых-химиков в 1898 г. проследовала по всему течению Волги от самых верховий, где уже были отмечены первые признаки загрязнения воды нефтью, и чем ниже по течению, тем больше встречалось загрязнений. На некоторых из промыслов все рыбные садки были покрыты слоем нефти толщиной в несколько сантиметров. Так впервые удалось установить, что хотя нефть легче воды, она довольно равномерно распределяется по всей ее толщине и отлагается на дне с илом. Пленка нефти на поверхности воды губительно действует на личинок комаров как основную кормовую базу для питания рыб. В 1899 г. пришли к окончательному выводу о токсичности нефти для рыб и обратили самое непосредственное внимание на быстрый расход кислорода, потребного для окисления нефти и мазута.

Тем временем уже были получены многие свидетельства вредного воздействия нефти на рабочих, которые жаловались на головную боль, тошноту и рвоту. К тому же были уже зарегистрированы случаи фальсификации растительных масел путем добавления в них легких фракций нефтепродуктов. Тем временем подробное лабораторное исследование токсичности нефти установило, что наиболее вредной углеводородной составляющей являются нафтеновые кислоты. Рыбы умирали уже в воде, содержащей 3–5 мг/л этих соединений. В морской воде нафтеновые кислоты действовали еще губительнее, чем в речной, так как ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} ускоряют их растворение за счет солеобразования с названными кислотами.

Но несмотря на то, что российские химики достигли больших успехов в исследовании экотоксикологии нефти, отечественное законодательство отставало от зарубежного. Так, еще в 1887 г. были приняты соглашения между Баденом, Эльзас-Логарингией и Швейцарией, запрещающие всякий спуск в рыболовные водоемы нефти и продуктов ее перегонки, но в России до 1903 г. никаких законодательных мер предусмотрено не было. Только позднее последовал целый ряд мер: были введены правила об ограждении Каспийско-Волжских водных путей от загрязнения нефтью, за отравление воды вводилось судебное наказание. Кроме административных способов решения проблем с загрязнением нефтью предлагались технические и экономические меры. В начале XX в. была построена железная дорога из Баку и Грозного в центр России, поэтому на водных путях Волги наступило некоторое облегчение. Что касается нефтяных кислот (которые не находили ранее применения и поэтому выбрасывались), то было предложено их использование благодаря антисептическим свойствам этих кислот. Принятые меры способствовали все же частичному очищению окружающей среды, постепенно восстанавливались река и море. Уровень загрязнения Волги 1891 г. вновь был достигнут в наши дни лишь в 1960-е гг., но это уже при объемах нефтепереработки, в 1000 раз превышающих прежние.

Обсудим состояние окружающей среды сегодняшней Европы – региона высокой концентрации населения, городов, промышленного и сельскохозяйственного производства, транспорта, туризма, которые оказывают все возрастающее техногенное давление на окружающую среду. Это состояние оценивается как тяжелое. В первую очередь речь идет о промышленных производствах, размещение которых по-прежнему отличается значительной территориальной скученностью: ТЭС в угольных бассейнах, каскады АЭС на Рейне, Роне, Луаре и других реках, скопление НПЗ в морских портах. Негативное воздействие на природную среду региона оказывает и сельское хозяйство, да-

леко продвинувшееся по пути механизации и химизации, высокий уровень автомобилизации, расширение объема воздушных перевозок, интенсификация морского пароходства. В последнее время стало все отчетливее проявляться отрицательное влияние и туристического бума, особенно в приморских и горных районах. Но при сходном общем экологическом фоне в зарубежной Европе существуют еще и региональные различия в экологической обстановке, прежде всего между Западной и Восточной Европой.

По экологической обстановке в Западной Европе выделяют в ее пределах четыре типа стран.

К *первому типу стран* относят ФРГ, Великобританию, Бельгию и Нидерланды, т. е. страны с высоким уровнем территориальной концентрации населения и производства с высокой степенью освоенности территории и наибольшими техногенными нагрузками на нее. Так, ФРГ, которая по общему объему выбросов в атмосферу сернистого газа уступает только США и России, по размерам эмиссии углекислого газа занимает пятое место в мире (после США, России, Китая и Японии), отличается загрязненностью рек и высоким уровнем (12–13%) отчуждения земель под населенные пункты, горные разработки и технические коммуникации. Немногим от нее отличается и Великобритания, где в наибольшей степени загрязнен воздушный бассейн. Вклад ФРГ в общее загрязнение окружающей среды Европы составляет 26%, Великобритании – 16%. Тяжелая ситуация оказалась у старопромышленных районов бывшей ГДР, где сочетание мощной бурогоугольной электроэнергетики и химии с широким использованием легковых автомобилей (с двигателями внутреннего сгорания) привело к такому типу загрязнения, которое сопровождается распространением астмы, бронхитов, сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваний жителей этих районов.

К *второму типу стран* относят Францию, Италию, Швейцарию и Австрию, где общий уровень загрязнения несколько

ниже, хотя в районах главных промышленных агломераций (например, в Марселе или Милане) он вполне сравним с ФРГ и Великобританией.

К *третьему типу стран* принадлежат скандинавские страны и Финляндия, а к *четвертому* - Испания, Португалия, Греция. В этих странах общее загрязнение окружающей среды пока не столь велико, но в отдельных районах уже весьма значительно.

Экологическая обстановка во всей Восточной Европе в целом значительно более сложная. Прежде всего, страны Восточной Европы использовали модель индустриализации с преимущественным развитием таких отраслей тяжелой промышленности, как добыча и обогащение сырья, энергетика, металлургия, тяжелое машиностроение, химическая и нефтехимическая отрасли, т.е. «грязных» производств. Энергетический и сырьевой кризисы 1970-х гг. не вызвали здесь радикальной структурной перестройки экономики (как в Западной Европе), они лишь снизили материал- и ресурсоемкость разных отраслей промышленности. Стабильные цены на сырье и топливо (из СССР) тоже слабо стимулировали переход к новым технологиям. Зато Восточной Европе передалась гигантомания, были построены крупные по мировым масштабам тепловые электростанции; комбинаты черной металлургии, не соответствовавшие технической емкости стран и их национальных рынков; сложились экстенсивные народно-хозяйственные комплексы, которые оказывали негативные воздействия на окружающую среду.

Что касается особенностей топливного ресурсного потенциала этих стран, то они были ориентированы преимущественно на уголь, в особенности на низкосортный (высокозольный и сернистый) бурый уголь и лигнит. Наиболее угрожающие размеры, конечно, приняло загрязнение атмосферы прежде всего нефтяными оксидами серы и азота: в середине 1980-х гг. общий объем выбросов сернистого ангидрида SO_2 в этом регионе со-

ставлял почти 0,5 млрд. т в год. 2/3 этих выбросов давали ТЭС, остальное – топки промышленных предприятий и коммунально-бытовых хозяйств и автотранспорт. С 1960-х гг. в Европе началось распространение кислотных осадков; например, в Скандинавии такое закисление доводило вплоть до полной стерилизации жизни! В 1970–1980-х гг. было обнаружено еще и отрицательное воздействие кислотных осадков на все европейские леса, особенно хвойные, а уже к началу 1990-х гг. на всей территории Европы обнаружилось повреждение 1/3 общей лесной площади!

Географическая специфика сегодняшней Европы состоит в сосредоточении на небольшой территории двух десятков стран при почти полном отсутствии естественных рубежей для распространения химических загрязнителей. Это и привело к тому, что именно здесь явление трансграничного переноса химических токсикантов произвело наибольший эффект. В роли главных «экспортёров» ядовитых осадков оказались Великобритания, ФРГ, Польша, ГДР, Чехословакия, а пострадали от кислотных осадков прежде всего сравнительно экологически благополучные скандинавские страны (Норвегия, Швеция, Финляндия).

Что касается состояния водной среды Европейского региона, то здесь имело место истощение питьевых водных ресурсов, происходящее под действием интенсифицированной индустриальной деятельности стран. Специальная комиссия ООН, обследовавшая Рейн в 1980-х гг., признала эту реку пригодной лишь для судоходства, и воду из Рейна было запрещено употреблять не только для питья, но и для полива. К числу сильно загрязненных рек отнесли также Сену, По, Дунай, Эльбу, Одер, а в Польше 50% речного стока было загрязнено нефтью до такой степени, что было непригодно даже для использования в промышленных целях. Трансграничные переносы были максимально характерны для вод Дуная, протекающего через 8 европейских стран. К тому же загрязненные

стоки рек Европы оказались большой угрозой не только для речных бассейнов, но и для морей, в которые эти реки впадают.

Атлантическое и Североморское побережья Европы терпят сейчас большой ущерб от так называемых «черных приливов», т. е. катастроф супертанкеров близ берегов. Как правило, нефть вытекает из танкера в течение нескольких недель и дрейфует в сторону суши. Вылившуюся нефть поджигали напалмом, посыпали химическими детергентами – они погубили всю органическую жизнь, а часть нефти, опустившаяся на дно, привела к гибели донной флоры и фауны.

Все же наиболее загрязненным считается Средиземное море. Вклад в его загрязнение внесли (к 2000 г.) 450 млн. жителей 18 прибрежных стран, из которых 130 млн. живут непосредственно на морском побережье в 120 крупных приморских городах. Сложная экологическая обстановка характерна и для бассейна Балтийского моря, к берегам которого прилегают территории 9 промышленно развитых стран с населением в 140 млн. чел., из которых 15 млн. живут непосредственно на побережье. В результате промышленного пресса прибалтийских стран в это море ежегодно попадает примерно 1,5 млн. загрязняющих веществ. Немалое влияние оказывает и интенсивное судоходство, а также длительная практика захоронения в его водах устаревших боеприпасов. Как и для Средиземного моря, подобные загрязнения для Балтики особенно опасны в связи с очень медленным обновлением ее вод. К числу высокозагрязненных морей мира относится и Северное море, что связано с морской добычей нефти и природного газа, куда значительное количество загрязнений (в южную часть моря) поступает и с суши. То же можно сказать и о Черном море, имея ввиду прежде всего промышленные нефтяные районы Болгарии и Румынии. Мощная горно- и нефтедобывающая промышленности региона, широкое развитие открытых разработок не могли не сказаться и на со-

стоянии литосферы: в странах Восточных Европы (совокупно) только объем переменяемой вскрытой породы превышает 1,5 млрд. м³ в год.

Рассмотрим теперь современные актуальные проблемы нефтегазового комплекса России, экономика которой сегодня зависит от состояния сырьевого и в особенности нефтегазового комплексов. Потенциальная ценность ресурсов всех полезных ископаемых России оценивается в 30 трлн. долл. (из них половина – доля нефти и газа). Нефтегазовый комплекс рассчитывается как 20% промышленной продукции, 30% доходов бюджета, 50% всего экспорта. Мощность нефтеперерабатывающих заводов оценивается в 250 млн. т в год. Протяженность магистральных нефтепроводов составляет 47 тыс. км, газопроводов – до 150 тыс. км.

Как хорошо известно, эффективный геологический поиск и большие капиталовложения (1950–1990 гг.) обеспечили открытие и быстрое освоение крупнейших нефтегазоносных провинций – Волго-Уральской и Западно-Сибирской. В конце этого периода была открыта нефтегазоносная Восточно-Сибирская провинция, большое внимание уделялось и Сахалину. Результаты этой стратегии выразились в открытии месторождений, а следовательно, в стремительном увеличении добычи нефти и газа. Все показатели были достигнуты в основном на территории Российской Федерации, где был создан мощный минерально-сырьевой потенциал. Но распад СССР в 1991 г. на отдельные государства, экономические реформы по разделу государственности и другие события этих лет привели к падению показателей в нефтяной промышленности.

Трудноизвлекаемые запасы в балансе России сейчас составляют 60% всех промышленных запасов нефти, а в отдельных газонасыщенных регионах – почти все 100%. Показатели нефтегазовой отрасли страны определяются в основном Западной Сибирью, где сегодня добывается порядка 70% нефти и 90% газа. И при отсутствии государственного участия оказалось

невозможным компенсировать относительное падение роли Западной Сибири с освоением новых крупных месторождений (например, за счет Восточной Сибири и Дальнего Востока). В этих регионах, как считают, нереализованными остаются около 2 млрд. т. Необходимо освоение и новых территорий, таких как Ромашкинское (Волга–Урал) и Самотлорское (Западная Сибирь).

В последнее время активно разрабатываются концепции перенективного развития топливно-энергетического (в том числе и нефтегазового) комплекса России, отдельных ее районов, областей и краев. В 2000 г. разработана «Энергетическая стратегия России на период до 2020 г.». В настоящее время она еще дорабатывается, и ее выполнение сопряжено с рядом трудностей. Нефтяная отрасль фактически полностью находится в частном секторе экономики, а такие компании заинтересованы в ускоренном получении сверхприбылей – отнюдь не с позицией долгосрочных интересов государства. Нужны новые технологии разработки и доработки имеющихся месторождений, включающих в себя три составляющие: *падающий режим разработки, реабилитацию уже истощенных залежей и постоянный мониторинг.*

Хотя Россия обладает мощной нефтегазовой индустрией во всей совокупности, ей приходится решать сложные задачи. В новой стратегии развития нефтегазовой промышленности определяющим должно быть усиление роли государственного управления.

Особое значение приобретают перспективы морских акваторий, где по расчетам (потенциальные) извлекаемые ресурсы углеводородов составляют 100 млрд. т, в том числе нефти – 15 млрд. т и газа – 85 трлн. м³. Предполагается даже, что к 2005 г. добыча на шельфе может составить 20–25 млн. т нефти и 30–35 млрд. м³ газа. Скорейшее освоение этих колоссальных богатств выгодно и даже необходимо нашей стране и мировой цивилизации.

В литературе рассматриваются различные пути развития энергетики в первой половине XXI в. Первый – *эволюционный* – путь от углеводородного топлива к электричеству, добываемому из большого числа источников. Согласно второму – *революционному* – пути основную роль в развитии энергетической системы будут играть газы (метан, затем водород). Потребность в энергии будет расти быстро, потребность в нефти упадет, и к 2050 г. газ станет основным топливом. Среди процессов, которые неизбежны при любом ходе событий, жизненно важная роль отводится природному газу как «переходному» топливу на ближайшие 20 лет. Но в начале XXI в. нефть все еще остается самым важным для человечества полезным ископаемым, из которого можно получать более 2 тыс. химических продуктов, а также использовать как топливный ресурс.

В качестве Приложения к книге о нефти, являющейся не только ресурсом топлива, но и одновременно опасным загрязнителем окружающей природной среды, предлагается документальное описание предыстории и последствий крупнейшей в России аварии на нефтепроводе в Республике Коми (10-летней давности).

Л и т е р а т у р а

Гичев Ю.И. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. – Новосибирск: ЦЭИР, 2002.

Давыдова С.Л., Таласов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. – М.: Изд-во РУДН, 2002.

Давыдова С.Л., Таласов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. – М.: Изд-во РУДН, 2004.

Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти, технологические и экологические аспекты. – М.: Техника, 2001.

Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. Эколометрия / Под ред. *Л.К. Исаева*. – СПб.: Кристмас, 1998.

Леффлер У.Т. Переработка нефти. – М.: Олимп-Бизнес, 2001.

Лосев К.С., Анатичева М.Д. Экологические проблемы России и сопредельных территорий. – М.: Ноосфера, 2000.

Лисин В.С., Юсфин Ю.С. Ресурсо-экологические проблемы XXI века. – М.: Высшая школа, 1998.

Мониторинг и методы контроля окружающей среды. Ч. 1, 2 / Под ред. *Ю.А. Афанасьева*. – М., 2001.

Наренго О.И., Давыдова С.Л. Экологические проблемы химии нефти (обзор) // Нефтехимия. 1998. Т. 38.- № 1.

Пякть М.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. – М.: Наука, 2002.

Реймерс Н.Ф. Природопользование. – М.: Мысль, 1990.

Снакин В.В. Экология и охрана природы: Словарь-справочник. – М.: Академния, 2000.

Топлива, смазочные масла, технические жидкости: Справочник / Под ред. *В.М. Шапошникова*. – М.: Химия, 1999.

Экология нефтегазового комплекса. Т. 1 / Под ред. *А.И. Владимирова, В.В. Ремизова*. – М.: Нефть и газ, 2003.

Экологические аспекты устойчивого равновесия теплоэнергетики России. Ч. 1 / Под ред. *Р.И. Вяхирева*. – М.: Ноосфера, 2001.

Экология, охрана природы и экологическая безопасность / Под ред. *В.И. Данилова-Данисяна*. – М.: МНЭИУ, 1997.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Нефтяные месторождения. Первые сообщения об ухтинской нефти появились более 500 лет назад, когда была доставлена в Москву «горюча вода густа» – первая нефть, проложившая путь в столицу Русского государства. Первый российский нефтяной промысел был на р. Ухте с середины XVIII в. В конце XIX в., после экспедиции Ф.П. Чернышева, район р. Ухты был объявлен «заведомо нефтеносным», и сюда хлынули предприниматели. 20 лет вели поиск и разведку, но из-за сложного геологического строения и несовершенства бурения промысла нефти в районе не было добыто, хотя нефть проступала везде. Правление фирмы «Русского товарищества "Нефть"» приняло решение о прекращении на р. Ухте всех разведочных нефтяных работ, т. е. о полной ликвидации промысла как неперспективного. Но страна искала выход из нефтяного голода, и в 1918 г. была организована геологическая экспедиция. Реализация проекта началась только в 1929 г., когда было открыто Чибьюское месторождение – первое нефтяное месторождение в Коми и первая промышленная нефть из девонских отложений в стране. На территории Республики Коми открыты десятки нефтяных месторождений – Чибьюское, Ярегское, Западно-Тэбукское, Усинское, Баганское и др.; 7 газонефтяных и нефтегазовых – Войвожское, Омринское, Южно-Кыртаельское и др.; 4 нефтегазоконденсатных – Пашнинское, Кыртаельское, Западно-Соплеское и др.

Нефтедобывающая промышленность – важнейшая отрасль республики, осуществляющая извлечение нефти и сопровождающего ее газа из недр с помощью буровых скважин. В Республике Коми добыча нефти базируется на месторождениях Тимано-Печорской нефтегазопосной провинции и дает 16% (1997 г.) объема продукции всей промышленности. В настоящее время в эксплуатации находится 16 месторождений, из них 10 нефтяных и 6 газонефтяных. Промышленная разработка первого в Коми Чибьюского месторождения легкой нефти началась в 1932 г., и в том же году там приступили к переработке нефти. С эксплуатацией Ярегского месторождения (впервые в нашей стране) была решена проблема добычи высоковязкой тяжелой нефти шахтным способом.

В то же время на территории региона (в основном в южных районах) были разведаны и открыты мелкие месторождения с извлекаемыми запасами, не превышающими 3–5 млн. т. Эксплуатация их, как и по стране в целом, осуществлялась на естественном режиме, обеспечивающем весьма низкую нефтеотдачу и низкие темпы выработки запасов. Только начиная с 1970-х гг., благодаря повышению эффективности поисковых работ и прогрессу в технологии бурения, существенно улучшилось качество освоения новых районов: Тимано-Печорской нефтегазопосной провинции, Большеземельской и Малоземельской тундры. Открытие залежей легкой нефти Усинского и Возейского месторождений позволило оценить Тимано-Печорскую провинцию как одну из основных баз нефтяной промышленности европейской части страны. Промышленное освоение Усинского и Возейского месторождений привело к строительству магистрального нефтепровода в центр и увеличению объема нефтепереработки в Республике Коми. Общая добыча составила 7,5 млн. т (без конденсата).

Нефтеперерабатывающая промышленность. Как отрасль, топливная промышленность в Республике Коми специализируется на выпуске светлых нефтепродуктов и котель-

ного топлива, масел, продуктов для химической и нефтехимической промышленности, развиваясь с 1934 г. со вступлением в эксплуатацию первого трехкубового нефтеперегонного завода с годовой производительностью 50 тыс. т нефти. Наиболее интенсивно начал развиваться с 1970 г. Ухтинский НПЗ, который в настоящее время потребляет примерно 4 млн. т нефти и имеет топливную схему переработки нефти. Поэтому наиболее многотоннажной является продукция топливного назначения, ее удельный вес в структуре производства составляет 90%. Особенно велик удельный вес топочного мазута – до 39%. В 1997 г. первичная переработка нефти составляла уже 3,7 млн. т.

Продукцию нефтеперерабатывающей промышленности республики потребляют 800 предприятий страны, к концу 1990-х гг. нефтепродукты Ухтинского НПЗ были поставлены на экспорт в США, Гибралтар, Монголию, в страны СНГ – Казахстан, Украину, Беларусь. Нефтеперерабатывающая промышленность в настоящее время на 75% удовлетворяет потребности самой Республики Коми и Архангельской области в нефтепродуктах. Интенсификация производства на Ухтинском НПЗ возможна, в первую очередь, при условии технического перевооружения и реконструкции технологических установок и всего заводского хозяйства, внедрения процессов вторичной переработки нефти (вакуум-переработка мазута, вискрекинг-гудрона, каталитический крекинг) – это даст увеличение выхода светлых нефтепродуктов и улучшение их качества.

Нефтехимия – это отрасль производства, занимающаяся разработкой методов и процессом переработки нефти, природного газа и нефтебитуминозных пород в крупнотоннажные органические продукты. Она занимает значительное место в народном хозяйстве республики. Разведанные запасы нефти и газа гарантируют их стабильную добычу на будущее. Однако постоянное удорожание и усложнение добычи нефти и невозможность ее запасов определяют необходимость максимально высокой степени квалифицированного использования

перерабатываемой нефти при минимальных затратах энергии и воздействия на окружающую среду. В отраслевых институтах нефтяного профиля Республики Коми «ПечорНИИНефть», «ВНИИГаз» проводятся фундаментальные исследования по следующим проблемам: выявление закономерностей распределения углеводородов, гетероатомных и металлодержащих соединений в нефтях Тимано-Печорского комплекса (ТПК) и их фракциях; составления банков данных по нефтям; разработки новых, совершенствования и интенсификации существующих методов анализа и выделения углеводородов, очистки их от гетероатомных и металлодержащих компонентов; развития и усовершенствования методов удаления сернистых, азотистых и металлодержащих соединений из продуктов нефтепереработки (гидроочистка, деасфальтизация и т. д.); внедрения способов утилизации неуглеводородных соединений нефти; разработки новых и усовершенствования существующих методов нефтепереработки с целью ее углубления до 75–85%; переработки тяжелых смолистых, вязких парафинистых, вторичных нефтей, нефтяных остатков, нефтебитуминозных пород; разработки способов получения высококачественных моторных топлив и смазочных масел.

Предприятия нефтедобывающей промышленности. На нефтедобывающих производствах (при некоторой стабилизации и даже увеличении объемов нефтедобычи) в целом отсутствуют предпосылки для повышения противоаварийной устойчивости и промышленной безопасности, особенно при ведении горных работ, например, нефтешахты «Битран». Нерешенной проблемой нефтедобывающей отрасли остается недостаточный объем работ по замене физически изношенных (в том числе из-за коррозионного износа) внутри- и межпромысловых трубопроводных коммуникаций на месторождениях провинции.

В результате ужесточения технической политики наметились определенные положительные сдвиги в части обеспечения безопасной эксплуатации промысловых трубопроводов

(оформлены паспорта, назначены ответственные за техническое состояние трубопроводов, их безаварийную эксплуатацию и регулярный осмотр). Последовательно реализуется приостановка работы трубопроводов, физическое состояние которых по показателям коррозионного износа не позволяет продолжать их дальнейшее использование. Несомненно, это стало сейчас в какой-то мере одним из факторов, повлиявших на столь заметное снижение прорывов трубопроводов и объемов разлитой жидкости по сравнению с 1996 г. (соответственно 280 и 690). Общая площадь загрязнения составила 3,7 га (в настоящее время эта площадь зачищена).

Для решения вопросов фонтанной безопасности были проведены организационно-структурные изменения, найдены местные источники финансирования и значительно повышена оперативная готовность возмещенных противofонтанных формирований. В «Архангельскнефтегазе» проведено диагностирование межпромыслового трубопровода от «Северного Возея» до головных сооружений внутритрубным дефектоскопом СОК (снаряд определения коррозии), выявлены опасные участки, ведутся ремонтные работы. Для повышения безопасности на особо опасных объектах и работах введена термостойкая одежда из негорючих материалов. Сдерживающим фактором и здесь являются финансовые затруднения предприятий, а также отсутствие соответствующей нормативно-правовой базы.

Ведомственный контроль над техническим состоянием фонда скважин на протяжении последних лет находится на неудовлетворительном уровне, что осложняет надзорную и профилактическую работу по предупреждению открытых газонефтевыбросов и повышает опасность их возникновения. Так, «Ухтанефтегазгеология» не выполнило работы на 10 скважинах, находящихся в консервации и подлежащих ликвидации, а также работы по ликвидации 6 «нереливующих» скважин. Не смогли контролировать состояние и надлежащее содержание пробуренных скважин, расположенных вне горных отводов.

Проведенное в республике лицензирование пользования недрами показало, что вопросы «необходимого мониторинга за техническим состоянием фонда ликвидированных и законсервированных скважин остались еще не решенными. Согласно полученным лицензиям, право пользоваться недрами имеет одна организация, но отдельные скважины в пределах данного горного отвода находятся на балансе другой организации и недоступны для контроля с чужой лицензионной территории. Скважины, расположенные вне горных отводов, не включены в уставные фонды организаций и остались без контроля, что также приводит к негативным экологическим последствиям».

Предприятия нефтегазодобывающей промышленности. Добычу углеводородного сырья на подконтрольной территории осуществляют около 30 предприятий, разрабатывающих нефтяные (39) и газовые (7) месторождения. Приостановлена работа 77 объектов, наложено 60 штрафов, заслушана информация 12 руководителей о состоянии охраны труда и технике безопасности. Все это положительно сказалось на состоянии промышленной безопасности в нефтедобывающих районах Республики Коми.

Одной из общих коренных причин выявленных нарушений охраны недр является хроническая финансово-экономическая несостоятельность большинства предприятий, не позволяющая держать на должном уровне исполнение организационно-технических мероприятий (при разработке, пробной эксплуатации, ликвидации и консервации объектов) и осуществление эффективного ведомственного контроля за их исполнением. Из-за хронического отставания эксплуатационного бурения от проектных показателей затягивается обустройство многих месторождений нефти и газа.

По-прежнему остро стоит проблема обеспечения сохранности и периодической проверки глубоких ликвидированных и законсервированных, а также глубоких поисковых и разведочных скважин. За скважинами, расположенными в пределах гор-

ных отводов, но состоящими на балансе другого предприятия (например, Южно-Кыртаельское и Мастерельское месторождения), наблюдение отсутствует. Под постоянным инспекторским контролем не находится фонтанная безопасность, самым непосредственным образом влияющая на состояние окружающей природной среды.

На территории республики действуют 5 полигонов для захоронения нефтепромысловых сточных вод. Все полигоны обеспечивают надежную локализацию сбрасываемых вод в пределах расчетных горных отводов, однако на некоторых из них (Коминнефть) необходимо расширить сеть наблюдательных скважин, чтобы обеспечить надежный мониторинг распространения закачиваемого агента. Ежегодно проверяется готовность предприятий к работе в условиях весеннего паводка, уделяется особое внимание состоянию промысловых и межпромысловых трубопроводов, герметичности устьевых оборудования скважин. По результатам проверки только в 1998 г. была приостановлена работа 27 промысловых трубопроводов!

До настоящего времени еще не восстановлена электрохимзащита межпромысловых нефтепроводов «Харьяга», «Северный Возей» и «Баган-Головные сооружения» из-за финансовой несостоятельности предприятий; по этой же причине не проводится защита указанных нефтепроводов методом регламентной закачки ингибиторов коррозии. Особого внимания требует проблема состояния охраны недр и окружающей природной среды в Усинском нефтегазоносном районе. Анализ состава продукции скважин, поступающей на установки подготовки нефти, показывает с 1991 г. устойчивый рост содержания сероводорода. Известно, что H_2S в продукции скважин приводит к ускорению коррозии трубопроводов внутрипромыслового оборудования, негативно влияет на работающих и окружающую среду, вызывает необходимость соблюдения дополнительных требований в области охраны труда, промышленной и экологической безопасности.

В нефтедобывающей отрасли республики, влияющей на экологическую безопасность целых районов, незамедлительного рассмотрения требуют еще многие проблемы. Среди них – необходимое введение единого экономически эффективного проекта, исключающего потерю углеводородного сырья при разработке нефтяного месторождения несколькими предприятиями или юридическими лицами (имеющими лицензии на недра месторождения).

Исправлению ситуации, естественно, мешает отсутствие широкого спектра низколегированных сталей для изготовления труб, трубопроводной арматуры и оборудования для длительной безопасной эксплуатации трубопроводов и их оборудования с учетом климатических особенностей районов. Не применяются эффективные и экономически выгодные ингибиторы коррозии, обеспечивающие надежную защиту оборудования и трубопроводов от коррозионного воздействия скважинного флюида.

Для дальнейшего совершенствования нормативно-правовой базы недропользования, укрепления законности и порядка, обеспечения эффективного использования ресурсов фонда недр проведены республиканские совещания на тему «Обеспечение государственного геологического контроля за использованием и охраной недр на территории Республики Коми». Были заключены соглашения между Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми и администрацией Усинского, Сосногорского и Вуктыльского районов о полномочиях по предоставлению лицензий на право пользования недрами для геологического изучения месторождений полезных ископаемых на территории этих районов.

Техногенное воздействие: разгерметизация и аварийные ситуации на трубопроводном транспорте. Нефтегазодобывающая отрасль, как уже отмечалось, является основной составляющей экономики республики. В настоящее время на территории семи административных районов Республики Коми размещено 16 предприятий нефтегазодобывающего комплекса.

Общая протяженность нефтегазоконденсатных трубопроводов составляет более 18 тыс. км, в том числе около 700 км магистрального нефтепровода «Усинск–Ухта–Торжок» и около 600 км магистрального газопровода «Сияние Севера», где основная часть трубопроводов введена в эксплуатацию в 60-е годы. Принимая во внимание эксплуатационный износ трубопроводов, очевидна необходимость незамедлительно решить проблему замены или реконструкции всего оборудования.

Усинский район является основным поставщиком углеводородного сырья (80% объема добычи по республике). На территории района расположено 10 нефтедобывающих предприятий. Протяженность трубопроводов составляет более 5 тыс. км, а количество нефтедобывающих скважин – 6 тыс. единиц. Понятно, что дальнейшая эксплуатация изношенного оборудования на нефтегазодобывающих предприятиях неизбежно приведет к ухудшению экологической обстановки.

На предприятиях нефтедобычи первостепенной проблемой остается постоянная разгерметизация межпромысловых нефтепроводов и водоводов, при значительных разливах которых возникают чрезвычайные ситуации. Основной причиной разгерметизации является амортизационный износ трубопроводов, связанный с внутренним коррозионным воздействием агрессивных пластовых вод, перекачиваемых вместе с нефтью (см. выше).

Несмотря на сложное финансовое положение, практически на каждом предприятии нефтегазодобывающего комплекса Коми сохранены природоохранные отделы. Ежегодно всеми предприятиями разрабатываются и согласовываются с природоохранными органами планы по нормативам и разрешениям на сбросы (выбросы) загрязняющих веществ и размещение отходов производства и потребления. Составлены регламенты организации работ по ликвидации экологических последствий отказов трубопроводов и по борьбе с коррозией трубопроводов. На территории Усинского района введен в эксплуатацию

завод по антикоррозионному покрытию труб, и в результате проблема начала хотя бы частично решаться.

Если сравнить вклад основных отраслей промышленности Республики Коми в суммарный объем выбросов вредных веществ в атмосферу, то видно, что угледобывающая промышленность выбрасывает 263 тыс. т вредных веществ, газовая – 107 тыс. т, нефтедобывающая – 84 тыс. т, теплоэнергетика – 99 тыс. т, стройиндустрия – 24 тыс. т, нефтепереработка – 21 тыс. т, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная – 34 тыс. т, остальные отрасли вместе взятые – 52 тыс. т. На долю семи ведущих отраслей промышленности республики приходится 92,4% общего объема выбросов загрязняющих веществ, главным образом, в атмосферу.

Сероводородное загрязнение в районах нефтегазодобычи. В начале разработки большинство месторождений Усинского района не содержали H_2S , а попутные газы – зернистых соединений. Поэтому на источниках выбросов нефтедобывающих предприятий нормативный выброс сероводорода составлял незначительные величины (0,001–0,0001 г/сутки) или совсем отсутствовал. В последующие годы содержание сероводорода имело устойчивую тенденцию роста во всех добываемых фазах продукции – в пластовой воде, нефти и попутном газе. Повышение концентрации сероводорода в добываемой продукции связано со следующими причинами: разработка пластов с большим содержанием сероводорода, закачка в залежи воды (с большим содержанием сероводорода) для поддержания пластового давления, действие сульфатовосстанавливающих бактерий. В 1996 г. в результате проверки было выявлено, что выброс сероводорода от источников предприятий составлял до 4–15,5 г/сутки, что превышает ранее установленные нормативы в 34 000 раз!

Естественно, что из-за повышения содержания сероводорода в добываемой продукции увеличивается скорость коррозии трубопроводов и оборудования. Сказывается отри-

пательное воздействие на работающий персонал и окружающую среду, становится невозможным использование попутного газа как топлива. Для решения данной проблемы в 1998 г. введена в действие так называемая «алюминиевая установка» по очистке нефтяного попутного газа, что позволило значительную его часть, ранее сжигающуюся на факеле, использовать как топливо. *Полностью решить сероводородную проблему в республике реально только в результате выполнения комплекса мероприятий, основным из которых является строительство новых установок по очистке сырья от сероводорода.*

10 лет крупнейшей в России аварии на нефтепроводе в Усинском районе Республики Коми. В августе 1994 г. произошла крупная авария на нефтепроводе Возей – Головные сооружения «Коминнефти» (Усинский район). Причина аварии – образование за короткий период (12-26 августа) многочисленных свищей в нефтепроводе на значительном его протяжении, из которых произошла массовая утечка нефти. Утечки нефти происходили постоянно и ранее, но в упомянутый отрезок времени этот процесс был особенно интенсивным. В результате на грунт с последующим попаданием в водотоки вылилось 14 тыс. т сырой нефти (по другим данным – 79 тыс. т). *По оценкам специалистов, возникшая экологическая катастрофа оказалась крупнейшей за последние 20 лет в истории нефтедобычи в СССР и России.*

Аварийный нефтепровод расположен в пределах района, входящего в подзону лесотундры и северной тайги, примерно в 100 км от Полярного круга. По нефтепроводу нефть транспортируется от группы северных месторождений, находящихся в Ненецком автономном округе и в Усинском районе Республики Коми до Головных сооружений «Коминнефти», где производится ее первичная обработка, и от нефти отделяется пластовая вода. На трассе нефтепровода с диаметром труб 720 мм и протяженностью 5 км встречаются участки с мерз-

лыми грунтами, а глубина сезонного оттаивания достигает лишь 3 м. Глубина закладки нефтепровода равна 2 м. На трассе имеют место термокарстовые явления, морозное пучение грунта, оползни по берегам рек. Все эти неблагоприятные факторы оказывают на нефтепровод дополнительные механические нагрузки, что в сочетании с низкими температурами и коррозионными процессами приводит к достаточно частым прорывам труб и утечке нефти.

Этот нефтепровод был введен в эксплуатацию в 1975 г. и в течение почти 15 лет эксплуатировался без ремонта и проведения мер антикоррозийной защиты. Первая его разгерметизация произошла в 1988 г. Проведенные расчеты прогнозного срока службы нефтепровода свидетельствовали, что без защиты от коррозии частичное или даже полное его разрушение может наступить уже в 1990 г. Принятые меры по защите (периодическая закачка в нефтепровод ингибитора коррозии, установка катодных станций электрохимзащиты) оказались недостаточно эффективными и запоздалыми, к тому же были установлены только две катодные станции, да и те через 2 месяца оказались непригодными.

Проведенные в 1992 г. обследования трубопровода выявили значительный коррозионный износ труб, поэтому на отдельных участках нефтепровода давление было снижено с 25 до 7,5 кг/см². Но и эта мера не исключала аварийности на нефтепроводе, и за период с 1989 по 1994 г. произошло 32 случая разгерметизации, из них 17 – за вторую половину августа 1994 г. Руководство «Коминнефти» скрывало факты аварий на нефтепроводах, и утечки нефти тяжким бременем ложились на легкоранимую природную среду Севера. О разрыве нефтепровода и утечке огромного количества нефти стало известно только 13 сентября 1994 г., т. е. спустя месяц после случившегося. На территории прямого воздействия нефтяного загрязнения на окружающую среду оказались 8 населенных пунктов с общей численностью населения 63,5 тыс. чел.: в Усинске и поселке го-

родского типа Парма, в 6 сельских населенных пунктах, 3 из которых имеют сельскохозяйственную направленность (мясо-молочное животноводство, крестьянское и фермерское хозяйство).

Особую тревогу в связи с катастрофой вызвала возможность выноса нефти через притоки рек Колва и Уса (нефтепровод пересекает 12 водотоков) в Печору, а затем – в Баренцево море и Северный Ледовитый океан. Это могло повлиять на состояние окружающей среды Канады, США и стран Северной Европы.

О ликвидации последствий аварии 1994 г. Основная масса разлившейся тогда нефти в ходе ликвидационных работ, профинансированных Всемирным банком и Европейским банком, была собрана и локализована. Но полигоны для хранения собранной нефти далеки от идеальных, и территория вокруг не застрахована от вторичного загрязнения, а имеющиеся возможности восстановления нефти из собранного нефтешлама не удовлетворяют требованиям. Все это превращает процесс очистки, технической и тем более биологической рекультивации загрязненных участков и временных мест хранения нефтешлама в бесконечно длительный. Вряд ли можно говорить о полном восстановлении загрязненных природных территорий и приведении их в естественное состояние.

Тем более нельзя говорить о том, что ликвидированы последствия, нанесенные разливом нефти водам Печорского бассейна, местной флоре и фауне. Приведем отчет компании «Браун энд Рут», проводившей в 2001 г. экологические и социально-экономические исследования в районах, пострадавших от аварии: «Благодаря гидрологическим и гидрохимическим особенностям р. Колва, ее притоков и р. Печора в донных осадках накапливается значительное количество нефтепродуктов и металлов. В нефтепродуктах, находящихся в осадках, преобладают алифатические углеводороды, включая парафины. Эти относительно нерастворимые компоненты нефти можно рассматривать как результат постоянного за-

грязнения воды нефтепродуктами, включая аварийный разлив нефти 1994 г. Вызывает озабоченность присутствие в донных осадках одновременно тяжелых металлов и алифатических углеводородов, являющихся многолетним последствием аварий и внеаварийного загрязнения. Их действие усиливается вследствие синергизма, что делает загрязненные осадки еще более опасными. О гидрогеологии района известно мало, поэтому нельзя сделать никаких выводов в отношении связи водоносных пластов на участках разлива с речной системой или с водоносными пластами, используемыми для снабжения питьевой водой в населенных пунктах. Однако исходя из общих геологических особенностей региона, можно ожидать, что все водоносные пласты могли подвергнуться загрязнению нефтью и пластовой водой в долине р. Печора...».

Большое значение имеет гибель хищных птиц, лебедей и гусей в районе разлива нефти, восстановление их численности маловероятно до полного завершения работ по очистке. Даже к концу 1990-х гг. популяция птиц и разнообразие их видов в упомянутом ареале были все еще ниже, чем в соседних регионах. Соотношение между содержанием углеводов природного происхождения в тканях рыб и привнесенных углеводов (антропогенного происхождения) может определить степень воздействия нефтяного загрязнения. В организме рыб из рек Уса и Колва углеводы природного происхождения составляли всего 23–28 %, тогда как содержание углеводов в рыбе, обитающей в нижнем течении р. Печора, составляет уже 63–86,7%. Это указывает на массовое воздействие нефтяного загрязнения на рыбу рек Колва и Уса. В устье р. Печоры – зоне накопления нефтепродуктов и тяжелых металлов – и ранее были зарегистрированы высокие их концентрации в донных осадках. Общий же промысловый запас всех видов сиговых сократился втрое. Экологическое состояние сиговых нерестилиц в районе р. Уса свидетельствует о неблагоприятных условиях воспроизводства, а эффективность использова-

ния естественных нерестовых площадей этими видами снизилась за последние годы в 20–30 раз.

Статистические данные по прибрежным населенным пунктам Усинского, Ижемского и Усть-Цилемского районов четко показывают, что в различных деревнях начиная с 1994 г. значительно увеличилось показатели смертности и заболеваемости скота, а также сократилась плодовитость по сравнению с данными для условно «чистых» территорий. В результате загрязнения речных вод нефтепродуктами население села Колва значительно сократило в своем рационе потребление рыбы, а это, в свою очередь, привело к уменьшению поступления необходимых белковых веществ. Дисбаланс пищевого рациона, наряду с недостаточным употреблением продуктов питания растительного происхождения (овощей, фруктов, ягод), привел к снижению общей иммунологической сопротивляемости организма. Вслед за этим произошли нарушения регуляторных функций, прогрессирующие в условиях воздействия загрязняющих веществ. В селе Колва после аварии 1994 г. наблюдается статистически достоверное увеличение заболеваемости взрослых (заболевания органов пищеварения и рост числа инфекционных заболеваний) и детей (инфекционные заболевания и заболевания органов дыхания) по сравнению с г. Усинском, расположенным рядом, но не подвергшимся воздействию разлива нефти. После аварии 1994 г. возросло число жалоб на заболевания желудочно-кишечного тракта среди взрослого населения, также увеличилось количество переболевших инфекционными заболеваниями. Можно предполагать, что длительное использование населением села Колва питьевой воды и местных загрязненных продуктов питания (особенно в отношении детей) привело к развитию синдрома дезадаптации, проявившегося в патологии мочевыделительной системы (кристаллурический диатез), увеличении заболеваний сердечно-сосудистой системы (миокардиодистрофия, снижение резервного объема кровообращения) и желудочно-кишечного тракта.

Это беспрецедентное разрушение природной среды – традиционной среды обитания местного населения – привело к убийственным социально-экономическим последствиям, которые не только не ликвидированы, но которые и не спешат ликвидировать.

Об уроках аварии 1994 г. Исполнители «грандиозных планов» (которых все-таки привлекли к уголовной ответственности) наказания так и не понесли. Судебный процесс в Усинске, идущий с бесконечными перерывами длительностью по полгода, до сих пор не завершён. Основные свидетели, а также многие потерпевшие за это время уже ушли в мир иной, и время сгладило остроту происшедшего.

Справедливости ради надо сказать, что в самые последние годы нефти в р. Печоре не наблюдалось. И хотя порывы на трубопроводах, особенно межпромысловых, продолжаются, теперь предпринимаются хоть какие-то усилия по предотвращению попадания нефти в р. Колву, а затем и в реки Усу и Печору. Руководство республики так и не нашло возможности помочь людям, вследствие аварии оказавшимся в ситуации, граничащей с физическим вымиранием. Конференция общественного движения «За спасение Печоры» (1996 г.), а вслед за ней и Съезд народа Коми (1997 г.) записали в своих итоговых документах требования к правительству: разработать на уровне республики специальную государственную программу социально-экономической реабилитации пострадавших от нефтяного разлива населённых пунктов и обязать нефтяников профинансировать ее реализацию. Решение это до сих пор не выполнено.

Факты, свидетельствующие о печальных последствиях аварии 1994 г., перешагнувшей десятилетний юбилей, могли бы составить тома. Только будут ли читать их власть предрержащие, озабоченные очередными выборами и всякими другими делами, имеющими так мало отношения к брошенным на произвол судьбы коренным жителям нефтяного Клондайка?

О г л а в л е н и е

ВВЕДЕНИЕ. О современном состоянии окружающей среды	3
Глава I. Особенности нефтепереработки	9
Глава II. Виды продукции из нефти	19
Глава III. Нефтеперерабатывающие заводы как источник загрязнения среды	33
Глава IV. Возможно ли чистое нефтяное производство?	42
Глава V. Мониторинг в нефтегазовой отрасли	53
Глава VI. Особые области использования нефти	67
6.1. О государственных (стратегических) запасах нефти	67
6.2. Экологический нефтяной терроризм	72
6.3. Топливные проблемы армии	78
Глава VII. Загрязнение природной среды нефтью и здоровье человека	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	102
ЛИТЕРАТУРА	113
Приложение. Экологическая ситуация в Республике Коми	115

*Светлана Леонидовна Давыдова
Виктор Иванович Тагасов*

**НЕФТЬ КАК ТОПЛИВНЫЙ РЕСУРС
И ЗАГРЯЗНИТЕЛЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Учебное пособие

Редактор *Ж.В. Медведева*
Технический редактор *Е.В. Коврижных*
Корректор *О. Бельтран-Легас*
Компьютерная верстка *И.В. Малаховская*
Дизайн обложки *А.А. Арипова*

Тематический план 2004 г., № 74

Лицензия серия ЛР № 020458 от 4 марта 1997 г.

Подписано в печать 24.05.2004 г.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 7,7. Уч.-изд. л. 7,1. Усл. кр.-отт. 8,2.
Тираж 500 экз. Заказ № 466

Издательство Российского университета дружбы народов
117923, ГСП-1, Москва, ул. Орджоникидзе, 3

Типография ИПК РУДН
117923, ГСП-1, Москва, ул. Орджоникидзе, 3
Тел. 952-04-41