

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений и условных обозначений	6
Введение	8
Глава 1. Обзорная часть и постановка проблемы.....	13
1.1. Процессы трансформации нефтяных углеводородов в окружающей природной среде	16
1.2. Методы исследования состава и строения нефти.....	22
1.2.1. Методы количественного контроля загрязнений природной воды и почвы нефтяными углеводородами	24
1.2.2. Существующие методы и рекомендации по идентификации источников нефтяных загрязнений	26
Глава 2. Обоснование основных направлений исследования и установления значимых различий в составе и свойствах проб нефти из скважин различных месторождений	31
2.1. Инфракрасная спектроскопия	31
2.2. Идентификация нефти методом капиллярной ГЖХ	42
2.3. Хромато-масс-спектрометрический метод.....	43
2.4. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой	56
2.5. Атомно-абсорбционный спектральный анализ.....	61
2.5.1. Метод электротермической атомно-абсорбционной спектрометрии (ЭТААС).....	61
2.6. Комплексная идентификация источников нефтяного загрязнения по примесям	74
2.7. Основные выводы по экспериментальному разделу работы	82
Глава 3. Разработка научно-методических основ идентификации источников нефтяных загрязнений.....	85
3.1. Характеристические свойства и параметры нефти разных месторождений и методы обработки данных измерений для идентификации источников загрязнения.....	85
3.2. Идентификация источников нефтяных загрязнений как часть системы специальных мероприятий по контролю за состоянием окружающей среды.....	95
3.3. Статистическая модель оценки достоверности результата идентификации источника нефтяного загрязнения.....	98
3.4. Концепция построения (научно-методические основы) алгоритма идентификации источников нефтяного загрязнения окружающей природной среды	102

Глава 4. Выбор и обоснование оптимальных методов и их приборного обеспечения для решения проблемы идентификации нефтяных загрязнений	110
4.1. Методические подходы и критерии выбора оптимальных методов и их приборного обеспечения	110
4.1.1. Критерии выбора оптимальных методов для решения проблемы идентификации источников нефтяного загрязнения	111
4.1.2. Алгоритм выбора оптимальных методов и их приборного обеспечения.....	116
4.2. Выбор оптимальных аналитических методов и средств измерений для решения проблемы идентификации источников нефтяного загрязнения.....	121
4.3. Выбор оптимального метода для идентификации источников нефтяных загрязнений по соотношениям концентраций металлических примесей	123
4.3.1. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой	128
4.3.2. Оптическая эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой.....	135
4.3.3. Атомно-абсорбционная спектрометрия.....	139
4.3.4. Сравнение метрологических, аналитических и технических характеристик ИСП-ОЭС и AAC.	
Выбор оптимального метода элементного анализа для определения металлов-индикаторов	146
4.4. Алгоритм установления идентичности исследуемых проб при идентификации источника нефтяного загрязнения	149
4.4.1. Установление идентичности проб нефти, отобранных из предполагаемых источников загрязнения и с места разлива в короткие сроки и не подвергнувшихся временной трансформации	153
4.4.2. Установление идентичности проб нефти, отобранных из предполагаемых источников загрязнения и образцов нефти с места разлива, подвергнувшихся временной трансформации или разбавлению при попадании в природные воды или почвы	154
4.4.3. Алгоритм идентификации источников нефтяных загрязнений в нефтедобывающем регионе	158
Заключение	164
Приложение А. Параметры хроматограмм Ханты-Мансийской нефти....	166
Приложение Б. Методика определения примесей в нефти на спектрометре с индуктивно-связанной плазмой.....	171
Приложение В. Методика определения примесей в нефти на поляризационном атомно-абсорбционном спектрофотометре.....	174

Приложение Г. Методика определения примесей в нефти на сканирующем рентгенофлуоресцентном спектрометре	178
Приложение Д. Методика идентификации источника нефтяного загрязнения методом инфракрасной Фурье-спектрометрии	180
Приложение Е. Методика количественного химического атомно-абсорбционного анализа для идентификации источника нефтяного загрязнения	194
Приложение Ж. Оптимальное приборное обеспечение для ИК Фурье-спектрометрии	214
Приложение З. Выбор оптимального атомно-абсорбционного спектрометра для определения металлов-индикаторов для идентификации источников нефтяных загрязнений	217
Приложение И. Сравнение двух средних значений характеристических параметров при идентификации источника нефтяного загрязнения (t -критерий), оценка достоверности результата идентификации	226
Библиографический очерк	229

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ОПС — окружающая природная среда
ИНЗ — идентификация нефтяных загрязнений
НУ — нефтяные углеводороды
АСК — автоматизированные системы контроля
ТЭК — топливно-энергетический комплекс
ХМАО — Ханты-Мансийский автономный округ
ВТВ — высокотоксичные вещества
ГЖХ — газожидкостная хроматография
ЖХ — жидкостная хроматография
ГХ — газовая хроматография
ААСА — атомно-абсорбционный спектральный анализ
ХМС — хромато-масс-спектрометрия
АЭС-анализ — атомно-эмиссионный спектральный анализ
ВЭЖХ — высокоэффективная жидкостная хроматография
ГХ-МС — газовая хроматография с масс-спектрометрией
ИСП-МС — масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
КГХ — капиллярная газовая хроматография
НФ — неподвижная фаза
ИСП-метод — анализ с использованием в качестве источника возбуждения индуктивно-связанной плазмы
ИКС — инфракрасная спектроскопия
СФ — метод спектрофлуориметрии
ЖХВД — жидкостная хроматография высокого давления
АЭС-ИСП — атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
РФА — рентгенофлуоресцентный анализ
ПАК — пункт автоматизированного контроля
РД — руководящий документ
D — оптическая плотность
УФ-облучение — ультрафиолетовое облучение
Д — доза
T — температура
ЗВ — загрязняющие вещества
 λ — длина волны
ГВЧ — генератор высокой частоты
СОС — стандартные образцы состава
ИНАА — нейтронно-активационный анализ
ЭТААС — электротермическая атомно-абсорбционная спектрометрия

ИСП-ОЭС — индуктивно-связанная плазма с оптической эмиссионной спектрометрией

ГСО — государственный стандартный образец состава

СКО — относительное среднеквадратичное отклонение

АЦП — аналогово-цифровой преобразователь

ПДВВ — предельно допустимые вредные воздействия

ПДК — предельно допустимая концентрация

ПДЭН — предельно допустимые экологические нагрузки

ВВЕДЕНИЕ

Развитие любого нового научного направления в экологии, опирающегося на методы современной аналитической химии, имеет свои строго определенные и необходимые стадии и этапы работ. Количество таких этапов зависит от сложности и трудоемкости решаемой комплексной экологической проблемы. Подобной сложной народнохозяйственной проблемой является одна из наиболее актуальных для нефтедобывающих регионов России экологических задач, направленных на идентификацию источников нефтяных загрязнений на территории этих регионов. В связи с этим, целью данной работы является создание надежной технологии по совокупности методов установления конкретных виновников нефтяного загрязнения окружающей природной среды.

Решение проблемы доказательного выявления источников нефтяных загрязнений объектов окружающей природной среды нефтедобывающих регионов целесообразно решать на примере одного из наиболее сложных в экологическом отношении нефтедобывающих регионов России — Ханты-Мансийского автономного округа, который расположен на огромной территории в 534,8 тыс. км² [1], которая практически равняется территории Франции. В нем добывается в настоящее время примерно половина всей российской нефти — в среднем ≈ 200–220 млн тонн нефти в год. Специфика и высокая актуальность выполнения данной работы будут подробно рассмотрены в 1 главе, в которой последовательно изложены все основные особенности, принципиальные трудности и актуальность решения проблемы идентификации источников нефтяных загрязнений окружающей среды в нефтедобывающем регионе.

Цель комплексного исследования заключалась в разработке общей технологии и конкретного алгоритма идентификации источников нефтяных загрязнений объектов окружающей природной среды в нефтедобывающих регионах (главным образом, на примере Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО)), реализуемых в региональных рекомендациях природоохранным органам и в комплексе новых, современных методик количественного химического анализа (методик выполнения измерений — МВИ), предназначенных для идентификации источников нефтяных загрязнений объектов окружающей природной среды (воды, почвы, донных отложений).

На экспериментальном этапе этой работы (глава 2) с помощью большой группы современных физико-химических и физических методов анализа было проведено комплексное аналитическое исследование количественных характеристик и свойств образцов нефти, отобранных из ряда скважин нефтяных месторождений Ханты-Мансийского автономного округа.

В результате выполнения экспериментального этапа этой работы была впервые показана перспективность применения для решения проблемы идентификации источников нефтяного загрязнения в данном регионе ряда современных аналитических методов элементного и вещественного анализа.

Показано, что одну и ту же аналитическую задачу, такую, например, как измерение концентрации примесей металлов в нефтях (для цели идентификации), можно решать различными аналитическими методами, основанными на применении индуктивно-связанной плазмы с масс-спектрометрической регистрацией, атомно-эмиссионным анализом с индуктивно-связанной плазмой, атомно-абсорбционным спектральным анализом с непламенной электротермической атомизацией и рентгенофлюоресцентным методом анализа.

В связи с этим, на втором (научно-методическом) этапе решения данной комплексной проблемы, перед созданием алгоритмов соответствующих аналитических методик*, необходимо было последовательно решить еще **2 важные задачи**:

1) выбрать и обосновать, с учетом данных научно-технической литературы и собственных экспериментальных результатов, оптимальные аналитические методы для решения рассматриваемой проблемы;

2) предложить для выбранных методов оптимальные приборы (средства измерения), на которых можно реализовывать соответствующие аналитические методики выполнения измерений и разработанные алгоритмы процедуры идентификации.

Таким образом, с учетом разработок и аттестации комплекса МВИ для решения проблемы идентификации источников нефтяных загрязнений, в этой работе должны были быть решены **4 комплексные задачи**, содержание которых можно сформулировать следующим образом:

1) выбор, экспериментальное и теоретическое обоснование оптимальных для идентификации источников нефтяных загрязнений аналитических методов;

2) выбор и обоснование оптимальных для реализации выбранных методов средств измерения;

3) разработка и метрологическая аттестация соответствующих МВИ;

4) разработка алгоритмов (основы региональных инструкций) процедуры идентификации источников нефтяных загрязнений для нефтедобывающих регионов России.

Особо следует подчеркнуть необходимость разработки и обоснования концепции общего **алгоритма идентификации** источников нефтяных загрязнений в нефтедобывающих регионах с большим числом потенциальных источников нефтяного загрязнения окружающей природной среды (почвы, воды).

* Технология — это совокупность методов, процессов и материалов, используемых в какой-либо отрасли деятельности, а также научное описание способов технического производства, фундаментальные основы глубокого, обобщенного осмысления научного исследования в какой-либо области знания.

Метод — это совокупность принципов, положенных в основу анализа безотносительно к конкретному объекту или определяемому веществу.

Методика — подробное описание всех условий и операций выполнения анализа конкретного объекта.

Методика выполнения измерений (МВИ) — совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с известной погрешностью.

Важность такой разработки обусловлена тем, что на базе этого алгоритма региональные природоохранные органы смогут создавать соответствующие региональные инструкции, в которые полностью или выборочно (в зависимости от специфики региона и оснащенности приборами местных природоохранных служб) войдут разработанные МВИ. Ясно, что реализация перечисленных выше направлений работы для **решения рассматриваемой крупной народнохозяйственной проблемы в области экологии** должна быть проведена в соответствии с высоким научно-техническим уровнем современной аналитической химии, достижений отечественного и зарубежного приборостроения, на основе объективного сравнения различных альтернативных вариантов для каждой составной части решаемой проблемы.

Это означает, в частности, следующее.

1. Выбор и обоснование оптимального аналитического метода должны проводиться с учетом следующих основных факторов:

- диапазонов концентраций компонентов (веществ или элементов), которые предполагается контролировать;
- требований к пробоподготовке;
- избирательности выбранного метода;
- универсальности и экспрессности метода;
- точности (правильность и воспроизводимость) метода;
- требований к степени автоматизации;
- стоимости аппаратурной реализации метода.

2. Выбор оптимальных приборов (средств измерения) должен осуществляться с учетом существующих метрологических рекомендаций и собственных метрологических и технических характеристик, а также с учетом минимальной стоимости при прочих равных параметрах. Таким образом, при сравнении приборов и выборе оптимальных вариантов, в первую очередь, должны рассматриваться следующие критерии:

- метрологические характеристики приборов;
- их технические параметры;
- стоимость приборов.

Кроме того, рекомендуемый прибор, безусловно, должен быть испытан в соответствии с действующими правилами испытаний средств измерения [2] и внесен в Государственный реестр средств измерений РФ в качестве типового или единичного образца (то есть средство измерения должно быть узаконено в соответствии с требованиями Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» [3]).

3. Разработка методик выполнения измерений (МВИ), необходимых для идентификации нефтяных загрязнений, должна проводиться с учетом требований ГОСТ Р 8.563-2009 [4] и включать в себя следующие основные разделы:

- назначение МВИ;
- условия измерений;

- требования к погрешности измерений или (и) приписанные характеристики погрешности измерений;
- метод измерений;
- требования к средствам измерений, вспомогательным устройствам, материалам, растворам и пр.;
- операции при подготовке к выполнению измерений;
- операции при выполнении измерений;
- требования квалификации операторов;
- требования к обеспечению безопасности выполняемых работ;
- требования к обеспечению экологической безопасности;
- другие требования и операции (при необходимости).

Необходимо отметить целесообразность комплексного подхода к решению проблемы идентификации, что доказывается собственными экспериментальными результатами [5–8], а также подтверждается данными других исследователей, в частности, данными, полученными в работе [9]. В этих работах убедительно показано, что идентификация с высокой степенью достоверности (вероятность 99% и выше) возможна только при применении по крайней мере двух и более различных методов анализа.

Таким образом, итоговый алгоритм идентификации нефтяных загрязнений в нефтедобывающем регионе должен включать в себя обоснованную последовательность применения ряда специально разработанных и прошедших метрологическую аттестацию МВИ (двух или более), основанных на различных, независимых методах.

Необходимо отметить также важность обеспечения независимости конечного результата идентификации от факторов, связанных с трансформацией нефтепродуктов во времени, а также необходимость учета в наиболее сложных случаях близкого вещественного состава нефти соседних (близко расположенных) месторождений в нефтяных регионах. Это, соответственно, потребует использования новых, наиболее точных параметров идентификации, применения многофакторного, корреляционного и других вариантов многомерных статистических методов обработки измерительной информации, а также применения подходов, основанных на методе распознавания образов. Ясно также, что успешное решение проблемы идентификации источников нефтяных загрязнений природной среды в экологически сложных нефтедобывающих регионах возможно только на базе научно-обоснованного выбора аналитических методов и их оптимального приборного обеспечения.

В свете вышеизложенного и проводилось выполнение всего комплекса экспериментальных, теоретических и научно-методических работ по решению экологической проблемы идентификации источников нефтяных загрязнений в нефтедобывающих регионах.

Этот комплекс работ предусматривал:

- экспериментальное исследование возможностей достоверного различия нефти близко расположенных нефтяных скважин на примере Ханты-Мансийского автономного округа;

- уточнение и окончательный выбор оптимальных аналитических методов для разработки методик идентификации источников нефтяных загрязнений;
- выбор и обоснование средств измерений, необходимых для практической реализации разрабатываемых методик идентификации источников нефтяных загрязнений;
- разработку концепции общего алгоритма идентификации для региональных инструкций по идентификации источников нефтяных загрязнений окружающей природной среды в нефтедобывающих регионах.

ГЛАВА 1

ОБЗОРНАЯ ЧАСТЬ И ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Доказательное выявление источников загрязнений природной среды является одной из наиболее актуальных природоохранных проблем во всем мире.

На первом этапе работы, для разработки региональной инструкции по идентификации источника нефтяных загрязнений в нефтедобывающем регионе, специально выбирался крупный нефтеперерабатывающий регион России, где находится самое большое количество нефтедобывающих скважин, самое большое количество нефтеразливов и сложные природные условия [10].

Таким крупным нефтедобывающим регионом России является Ханты-Мансийский автономный округ, который расположен на огромной территории, где большую часть года преобладают низкие температуры. Кроме того, на территории округа расположено множество озер и болот, а также протекает большое количество рек, в том числе такие великие сибирские реки, как Обь и Иртыш, воды которых в последнее время все чаще подвергаются нефтяному загрязнению. С учетом большого количества нефтедобывающих скважин и сложных природных условий целесообразно, на наш взгляд, было решено рассмотреть проблему идентификации источников нефтяных загрязнений именно на примере Ханты-Мансийского автономного округа [11, 12].

Основной особенностью экологического состояния территории Ханты-Мансийского автономного округа является высокая техногенная нагрузка на окружающую среду предприятиями нефтегазового комплекса. Причина этого в том, что освоение природных ресурсов округа, как и в ряде других регионов нашей страны, исторически проводилось по принципу минимизации затрат на добычу сырья и максимальной экономии средств на природоохранные мероприятия, что привело в итоге Ханты-Мансийский автономный округ на грань экологической катастрофы.

Трудность юридически обоснованного установления истинного виновника нефтяного загрязнения обусловлена следующим рядом объективных причин и специфических особенностей, характерных для данного региона, связанных с географией, климатическими условиями, экологической обстановкой и техногенной нагрузкой на природную среду.

Это следующие особенности.

1. Большая территория округа с преобладанием низкой среднегодовой температуры.

2. Особенности климата округа: частые и резкие перепады температур, в том числе в течение одних суток с амплитудой колебаний в 16–20°C, циклический характер климата (ливни, снегопады, потепления зимой). Подобный характер климатических условий округа обуславливает быструю деградацию и, соответственно, трансформацию нефтяных загрязнений.

3. Близкий вещественный состав нефтей разных месторождений, которые, по сути, принадлежат одному крупному региональному (глобальному) Западно-Сибирскому месторождению. Данное положение было убедительно подтверждено результатами хроматографических и хромато-масс-спектрометрических исследований состава нефтей ряда месторождений на экспериментальном этапе этой работы (глава 2).

4. Разветвленная гидрографическая сеть со множеством рек, озер, болот, заболоченных территорий. Густота речной сети составляет $0,25\text{--}0,4 \text{ км}/\text{км}^2$. Заболоченность речных водосборов достигает 70% (бассейн реки Конда), заозеренность — 25% (бассейн реки Тромъёган) соответственно. Характерными являются большие сроки весеннего половодья — 80–130 дней, частые дождевые паводки в течение лета и осени.

5. Большое количество крупных (33) и небольших нефтедобывающих предприятий, которые эксплуатируют около 150 нефтяных месторождений (в Ханты-Мансийском автономном округе в настоящее время добывается более 41% нефти от общего объема добычи в России).

6. Густая сеть внутри-, межпромысловых и магистральных нефтепроводов, общая протяженность которых составляет более 70 000 км.

7. Высокая изношенность и, соответственно, высокая аварийность нефтепроводов. Количество аварий строго пропорционально протяженности трубопроводов, требующих замены, коэффициент корреляции составляет 0,85.

8. Временная трансформация нефти, обусловленная климатическими условиями, большой (часто) продолжительностью времени от момента происшествия аварии до ее последующего обнаружения, достаточно продолжительными промежутками времени, протекающими от момента отбора проб с места разлива и из предполагаемых источников загрязнения, до доставки их в лаборатории и начала анализа.

9. Высокий фоновый уровень накопленных антропогенных нефтяных загрязнений объектов окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа. Этот уровень накопленных загрязнений неизбежно придется учитывать в качестве фонового по отношению к новым нефтяным загрязнениям, для которых будет выполняться работа по установлению источников таких загрязнений. В поверхностных водах на территориях нефтедобывающих предприятий уровень нефтяных загрязнений составляет до 4 ПДК, содержание нефтепродуктов в почвах на некоторых участках достигает 160 г/кг, а ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) для почв нефтедобывающих районов РФ составляет всего 100 мг/кг [13] (для районов, не ведущих добычу нефти, — 40 мг/кг), то есть на почвах округа имеет место превышение допустимых концентраций нефтепродуктов до 1600 раз.

О величине высокого фонового уровня нефтяного загрязнения говорят и средние значения содержания нефтепродуктов в таких реках, протекающих по территории Ханты-Мансийского автономного округа, как Обь, Иртыш, Юконда и Конда. В водах этих рек концентрация нефтяных загрязнений достигает значений 3–3,9 единиц предельно допустимой концентрации (ПДК) (ПДК для природных вод составляет $0,05 \text{ мг}/\text{дм}^3$ [14]). Ясно, что высокий фоновый уровень

потребует применения прецизионных инструментальных аналитических методов, так как только с их помощью могут быть достоверно выявлены источники нефтяного загрязнения с учетом содержания нефтепродуктов в объектах окружающей среды, накопленных до аварии.

Очевидно, что при больших масштабах нефтедобычи в Ханты-Мансийском автономном округе, как и в других нефтедобывающих регионах, неизбежно происходит загрязнение окружающей природной среды, связанное с различными авариями на нефтепроводах, сопровождающимися проливами больших объемов нефти и, соответственно, загрязнением почвы, атмосферы, природных вод и донных отложений. Истинного виновника таких загрязнений природы часто трудно установить ввиду отсутствия надежных методов идентификации источников нефтяного загрязнения (под **идентификацией** понимается процедура установления тождественности нефти, загрязняющей окружающую природную среду, и нефти, находящейся в предполагаемом источнике загрязнения).

В то же время хорошо известно, что нефтяное загрязнение является одним из наиболее опасных видов загрязнения природы. Так, по оценкам компетентных специалистов и экспертов Организации Объединенных Наций, уже к середине 70-х гг. XX столетия распространение нефтяных загрязняющих веществ приобрело планетарный характер в связи с растущим нефтяным загрязнением Мирового океана [15].

Следует отметить, что проблему установления значимых различий и идентификации нефтяных загрязнений до сих пор более или менее успешно пытались решить для различных географических районов земного шара (например, задача различия нефти с Ближнего Востока, из Венесуэлы и Азербайджанской нефти и пр.), но нам неизвестно, чтобы подобная задача ставилась применительно к одному географическому региону, пусть даже столь крупному, как Западно-Сибирское месторождение нефти.

Сложность проблемы идентификации источников нефтяных загрязнений в нефтедобывающем регионе заключается не только в том, что имеется большое количество достаточно близко расположенных нефтяных скважин, но и в протекании неизбежных процессов трансформации (деградации) нефтяных углеводородов при попадании их в окружающую природную среду (процессы испарения, окисления, деструкции и т. п.). Это серьезно осложняет задачу идентификации источника загрязнения и требует разработки таких методов, которые были бы свободны от влияний временного, сезонного (температуры) и прочих факторов пребывания («выветривания») нефтяных углеводородов на почве или в воде.

Экспериментальные исследования в рамках решаемой проблемы выполнялись на 8 сериях проб нефти и загрязненных нефтью природных объектах, которые были отобраны в Ханты-Мансийском автономном округе (табл. 1). В ходе исследований по установлению значимых различий между пробами нефти использовались такие современные аналитические методы, как хромато-масс-спектрометрия, капиллярная газовая хроматография, инфракрасная спектроскопия, атомно-абсорбционный спектральный анализ с пламенной и непла-

менной атомизацией, атомно-эмиссионный анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, индуктивно-связанная плазма с масс-спектрометрической регистрацией и др.

Таблица 1

Пробы нефти, исследовавшиеся в работе

№ пробы	Место отбора пробы
1	НГДУ «Нижнесортымскнефть», Алексинское месторождение
2	НГДУ «Лянторнефть», Лянторское месторождение
3	Грунт из района аварии, Алексинское месторождение
4	ОАО «Кондпетролеум», Красноленинское месторождение
5	ТПП «Лукойл-Урайнефтегаз», Трехозерное месторождение
6	ОАО «Юганскнефтегаз», Приразломное месторождение
7	ТПП «Юганскнефтегаз», Приобское месторождение
8 (обводненная)	«Юганскнефтегаз», Петелинское месторождение

1.1. Процессы трансформации нефтяных углеводородов в окружающей природной среде

Нефть относится к числу наиболее распространенных в глобальном масштабе и опасных токсичных веществ, вызывающих тяжелые экологические последствия при загрязнении окружающей природной среды. Поведение и, соответственно, влияние нефти на окружающую природную среду, ее миграция в окружающей среде и результирующее воздействие на флору и фауну во многом зависят от природы составляющих нефть индивидуальных химических компонентов. Многие компоненты нефти обладают токсичными свойствами, что губительно оказывается на природе при попадании нефти в окружающую среду. В связи с этим, изложение этого раздела, важного для понимания всей сложности стоящей проблемы, начнем с рассмотрения химического состава нефти.

Известно, что нефть состоит из низко- и высокомолекулярных углеводородных и неуглеводородных компонентов. Это дисперсная система, содержащая около 1000 индивидуальных веществ, характеризуется сложной внутренней организацией, способной изменяться под воздействием внешних факторов [16]. Большая часть составляющих нефть веществ относится к углеводородам, около 250 — к серосодержащим соединениям, ≈ 85 — к кислородсодержащим, свыше 30 — к азотсодержащим соединениям. До сих пор считалось, что основное различие между нефтью, добытой в различных географических районах земного шара, обусловлено не элементным химическим составом, а вещественным, то есть содержанием отдельных классов веществ и их соотношениями (парафинами, циклопарафинами, ароматическими и нафтоароматическими углеводородами).

Основными элементами, составляющими нефть, являются углерод (массовое содержание колеблется в пределах 83–87%) и водород (12–14%). Из других элементов в состав нефти в заметных количествах входят сера, азот и кис-

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru