

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Разработка и эксплуатация
нефтяных месторождений и транспорт нефти»

Т. А. Махнач

ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОЛОГИЯ

КУРС ЛЕКЦИЙ

**для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка
и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2008

УДК 574(075.8)
ББК 20.1я73
МЗ6

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 06.03.2006 г.)*

Рецензент: зам. директора БелНИПИнефть по геологии и разработке
М. Ф. Кибаш

Махнач, Т. А.

МЗ6 Отраслевая экология : курс лекций для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» / Т. А. Махнач. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 96 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-694-3.

Подготовлен в соответствии с программой курса «Отраслевая экология». Содержит основные теоретические сведения об окружающей природной среде, ее физических компонентах и структуре. Сформулированы основные принципы и задачи инженерной экологии, рассмотрены правовые и организационные аспекты охраны окружающей среды в нефтедобывающей промышленности.

Для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

**УДК 574(075.8)
ББК 20.1я73**

ISBN 978-985-420-694-3

© Махнач Т. А., 2008
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	6
Введение.....	7
<i>Тема 1. Предмет и задачи курса</i>	10
1.1. Научно-технический прогресс и промышленная экология.....	10
1.2. Основные принципы и задачи инженерной экологии	11
1.3. Концепция охраны окружающей природной среды	13
1.4. Правовые аспекты охраны окружающей природной среды	14
1.5. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности ...	15
<i>Тема 2. Источники загрязнения окружающей природной среды в нефтяной и газовой промышленности.....</i>	18
2.1. Источники нарушения и загрязнения окружающей среды	18
2.2. Природные объекты загрязнения при бурении скважин	20
2.3. Буровые сточные воды – основной источник загрязнения окружающей среды	21
2.4. Отработанный буровой раствор и буровой шлам – опасные отходы бурения скважин.....	24
<i>Тема 3. Характер загрязнения природной среды при строительстве скважин</i>	26
3.1. Загрязняющие свойства и состав отходов бурения скважин	26
3.2. Влияние отходов бурения на водные объекты.....	28
3.3. Проблема загрязнения почвогрунтов	33
<i>Тема 4. Загрязнение подземных вод при строительстве скважин</i>	38
4.1. Причины и характер загрязнения грунтовых и подземных вод	38
4.2. Виды загрязнения подземных вод (локальные и региональные).....	39
4.3. Факторы естественной защищенности природных вод от поверхностного загрязнения	40
4.4. Особенности загрязнения подземных вод нефтью и нефтепродуктами.....	41

4.5. Мониторинг экологического состояния природных вод территории работ РУП «ПО «Белоруснефть».....	43
<i>Тема 5. Номенклатура показателей загрязняющих свойств отходов бурения и методы их определения.....</i>	<i>45</i>
5.1. Методы и техника анализа загрязнителей органической природы	47
5.1.1. Химическое потребление кислорода	47
5.1.2. Биохимическое потребление кислорода.....	48
5.1.3. Общий органический углерод	49
5.1.4. Нефть и нефтепродукты	49
5.2. Методы и техника анализа загрязнителей неорганической природы	50
5.2.1. Хлориды.....	50
5.2.2. Сульфаты	51
5.2.3. Щелочность	51
5.2.4. Натрий и калий.....	51
5.2.5. Кальций	52
5.2.6. Магний	52
5.2.7. Алюминий.....	53
5.2.8. Хром	53
<i>Тема 6. Применение природоохранных технологий при строительстве скважин</i>	<i>54</i>
6.1. Вопросы разработки экологически безопасных технологий бурения скважин.....	55
6.2. Подготовка и использование буровых сточных вод для заводнения нефтяных пластов	57
6.3. Использование водных ресурсов в нефтяной промышленности.....	58
<i>Тема 7. Техника и технология очистки и утилизации буровых сточных вод.....</i>	<i>60</i>
7.1. Характеристика состава и загрязняющих свойств буровых сточных вод.....	60
7.2. Классификация буровых сточных вод.....	63
7.3. Направления утилизации буровых сточных вод и требования к их качеству	65
7.4. Методы очистки буровых сточных вод.....	67

7.4.1. Механические методы очистки	68
7.4.2. Физико-химические и биохимические методы очистки	69
7.4.3. Методы деминерализации природных и сточных вод	71
<i>Тема 8. Технологические схемы очистки и утилизации буровых сточных вод.....</i>	<i>73</i>
8.1. Режимно-технологические особенности реагентной очистки буровых сточных вод	73
8.2. Технологические схемы очистки буровых сточных вод при строительстве скважин с использованием земляных шламовых амбаров	76
8.3. Технологические схемы очистки буровых сточных вод без использования земляных шламовых амбаров	78
8.4. Основные направления утилизации буровых сточных вод.....	80
8.5. Ликвидация шламовых амбаров и рекультивация земель.....	80
<i>Тема 9. Техника и технология обезвреживания и утилизации отработанных буровых растворов и шлама</i>	<i>83</i>
9.1. Состав и свойства отработанных буровых растворов и шлама.....	83
9.2. Классификация отработанных буровых растворов и шлама.....	83
9.3. Методы обезвреживания отработанных буровых растворов и шлама.....	85
9.4. Утилизация отработанных буровых растворов.....	88
Литература	93

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ведущая роль в топливно-энергетическом балансе страны принадлежит нефтегазовому комплексу. При современном освоении углеводородных ресурсов, технологий их переработки и транспорта нефти и газа вопросы энергетической, экономической и экологической безопасности приобретают особую глобальную значимость.

Нефтяная и газовая промышленность является одной из наиболее опасных отраслей хозяйственной деятельности человека по влиянию на объекты природной среды. Вредное воздействие отрасли на основные компоненты окружающей среды (воздух, воду, почву, растительный, животный мир и человека) обусловлено токсичностью природных углеводородов и их спутников, большим разнообразием химических веществ, используемых в технологических процессах, а также все возрастающим объемом добычи нефти и газа, их подготовки, транспортировки, хранения, переработки и широкого разнообразного использования.

Геохимическое техногенное влияние нефтегазодобывающей отрасли на объекты природной среды присуще всем этапам освоения месторождений углеводородов – от бурения до введения в эксплуатацию и разработки месторождений. Негативное влияние на окружающую среду оказывают процессы бурения скважин, которые отличаются высокой интенсивностью техногенных нагрузок на объекты гидро-, лито- и биосферы.

Нарушение естественного природного равновесия нередко приводит к деградации отдельных компонентов природной среды. Поэтому перед будущими работниками нефтегазовой отрасли стоит задача огромной социальной значимости – повышение экологичности всех технологических процессов, связанных с разведкой, добычей и эксплуатацией месторождений углеводородов путем максимальной утилизации и обезвреживания производственно-технологических отходов, ликвидации последствий загрязнения окружающей среды, применения экологически чистых материалов и химреагентов, природосберегающих технологий.

Тесное и объективное взаимодействие нефтегазодобывающей отрасли с окружающей природной средой послужило причиной развития новой прикладной научной дисциплины – отраслевой экологии. Изучение дисциплины основано на рассмотрении сложнейших процессов взаимодействия основных производств нефтегазовой отрасли с объектами природной среды и возможности применения экономически целесообразных и экологически необходимых мероприятий, обеспечивающих рациональное использование и охрану природной среды.

ВВЕДЕНИЕ

Отличительной чертой современности является научно-технический прогресс, который проявляется во всех сферах хозяйственной деятельности человека и представляет собой основную концепцию ускорения социально-экономического развития общества. Неизбежным следствием научно-технического прогресса является не только улучшение качества жизни человека, защищенность его от многих природных факторов, но и резко возрастающие антропогенные нагрузки на объекты окружающей среды и в первую очередь на ее наиболее уязвимый компонент – биосферу.

В настоящее время имеется около 50 определений экологии, но до сих пор нет единого достаточно строгого и точного. Кратко *экологией* можно назвать науку об отношениях организмов со средой их обитания. Термин «экология» (от греческого *oikos* – дом, жилище, местообитание и *logos* – учение) был предложен немецким биологом Э. Геккелем в 1866 г. Объектами изучения экологии могут быть популяции организмов, виды, сообщества, экосистемы и биосфера в целом. В XXI веке в связи с усилившимся воздействием человека на природу экология приобрела особое значение как научная основа рационального природопользования и охраны живых организмов [3].

Учение о биосфере является составной частью современной экологии. Стройное учение о биосфере создал крупнейший ученый-геохимик Владимир Иванович Вернадский (1863–1945), который определил биосферу как «поверхностный слой Земли, населенный живыми организмами и измененный их деятельностью. Человек возник и развивался в процессе эволюции жизни и биосферы Земли. Он порожден ею и зависит от ее состояния». По образному выражению В. И. Вернадского, человек благодаря научно-техническому прогрессу превратился в ведущую геологическую силу на планете и по интенсивности воздействия на нее превосходит естественные факторы.

В основе всех современных наук по естествознанию лежит представление о биосферных, т. е. геохимических функциях живого вещества и человечества. Без этого представления в настоящее время невозможен «гармоничный ход научного мышления». Вот главный урок В. И. Вернадского нашему поколению [24].

В «Мыслях и набросках» он пишет: «Сознание человечества становится той «силой», тем фактором, который мы должны принимать во внимание, когда изучаем всякий природный процесс». Это общетеоретическое положение сформулировано в 1920 г. А сейчас оно пе-

решло из области теории в практику. Например, прежде чем новый технологический процесс получит «путевку в жизнь», он должен пройти экологическую экспертизу.

Современная биосфера включает полностью гидросферу, верхнюю часть литосферы и нижнюю часть атмосферы. По В. И. Вернадскому, *вещество биосферы* разнородно по своему физико-химическому составу и по своей функциональной роли подвергается следующей классификации.

Живое вещество – совокупность всех живых существ, населяющих планету (от простейших вирусов и клеточных до человека). Масса живого вещества в биосфере по сравнению с массой самой биосферы ничтожно мала. Однако живое вещество является самой динамичной частью биосферы.

Биокосное вещество – это вещество, имеющее минеральную основу, которая коренным образом преобразована жизнедеятельностью организмов. К нему относится почвенный покров, плодородие которого обусловлено наличием органических веществ, а также воздух и вода. По определению В. И. Вернадского биокосное вещество является «закономерной структурой из живого и косного вещества».

Косное вещество – это неживое и не связанное с жизнью вещество, к которому относятся глубинные породы, выбрасываемые вулканами в процессе горообразования, газы и т. д. Контактная с живым веществом, косное вещество постепенно превращается в биокосное.

Вещества биогенного происхождения – это чаще всего отмершие части животных и растений, каменный уголь, нефть, торф, сланцы.

Космическое вещество – это вещество, поступающее из открытого космоса, главным образом в виде космической пыли, реже в виде метеоритов и еще реже в виде болидов.

Радиоактивные вещества – вещества, имеющие «естественную» радиацию. В. И. Вернадский считал, что радиоактивность способствовала эволюции и явилась той энергетической силой, благодаря которой неживое вещество превратилось в живое.

Рассеянные атомы – это атомы вещества, преобразованные «жестким» космическим излучением.

Эволюция органического мира на нашей планете прошла несколько этапов.

Первый этап характеризовался возникновением биотического круговорота вещества в биосфере.

Второй этап сопровождался формированием многоклеточных организмов и вследствие этого усложнением структуры жизни.

Третий этап связан с появлением человеческого общества, под влиянием которого в современных условиях происходит дальнейшая эволюция биосферы и превращения ее в ноосферу.

В. И. Вернадский понимал под *ноосферой* новый этап в развитии биосферы, этап разумного регулирования взаимоотношений человека и природы. Технический прогресс определил совершенно новые направления перемещения энергии и вещества в биосфере, нарушив природное равновесие. Формирующаяся сегодня под влиянием индустриальной деятельности человека геосфера с ущербными биоценозами и частыми экологическими кризисами, к сожалению, не может называться сферой разума и новой жизни. Поэтому более правильно вслед за академиком А. Е. Ферсманом назвать нашу оболочку Земли *техносферой*.

ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ КУРСА

1.1. Научно-технический прогресс и промышленная экология

Загрязнение биосферы имеет различные формы проявления и влияния на человека. Одни загрязнители оказывают прямое воздействие, вызывая различные заболевания, патологические и генетические изменения в организме, сказывающиеся в поколениях и снижающие трудоспособность людей. Другие влияют косвенно, изменяя природную среду в худшую для человека сторону. К загрязнению окружающей среды относят техногенные и антропогенные преобразования состава, физических, химических и биологических свойств компонентов окружающей природной среды, оказывающие неблагоприятное воздействие как на самого человека, так и на другие живые организмы и природные ресурсы. ООН характеризует НТР как вторжение человека в природную среду, которое определяется количеством выбрасываемых в биосферу веществ, скоростью их миграции и накопления, характером воздействия на человека и биосферу. Вещество считается *загрязнителем*, если оно встречается в ненадлежащем месте, в ненадлежащее время и в ненадлежащем количестве. Все загрязнители делятся на материальные (пыль, шлаки, шламы, золы, газы и т. д.), физические, или энергетические (тепловая энергия, шум, вибрация, электрические и электромагнитные поля и т. д.).

Материальные загрязнители подразделяются на механические, химические и биологические.

К *механическим загрязнителям* относятся пыль и аэрозоли атмосферного воздуха, твердые частицы в воде и почве.

Химическими загрязнителями являются всевозможные газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, попадающие в атмосферу и гидросферу и вступающие во взаимодействие с окружающей средой.

Биологические загрязнители – все виды организмов, появляющиеся в результате деятельности человека и наносящие ему вред.

Энергетические загрязнители имеют физическую природу. К ним относятся все виды энергии, теряемой в виде отходов разнообразных производств.

Загрязнение – сложный процесс, связанный с деятельностью человека. Загрязняющие вещества чужды природным экосистемам и, накапливаясь в них, нарушают процессы круговорота вещества и

энергии. Но прогресс невозможен без воздействия на природу, расходования ее ресурсов. Поэтому главной задачей экологии как науки является рациональное использование всех без исключения природных ресурсов, вовлекаемых в производство, и охрана природной среды. Для решения этой задачи необходим, с одной стороны, инженерный подход к рассмотрению процессов взаимодействия природы и материального производства, с другой – экологическая оценка принимаемых технологических решений [19].

Основными направлениями охраны окружающей среды являются следующие:

- создание технологий, которые обеспечивали рациональное использование природных ресурсов, исключая качественные изменения в окружающей среде, что достигается разработкой малоотходных технологий с замкнутыми производственными циклами;

- возведение очистных и охранных сооружений, которые бы снижали вредное влияние технологических процессов на окружающую среду.

Далеко не всегда природоохранные меры обеспечивают должную защиту окружающей среды, а в зоне действия горно-перерабатывающих предприятий при современном состоянии техники это вообще невозможно. Очень часто стоимость безотходных производств или охранных и защитных мероприятий весьма значительна и не соответствует реальным экономическим возможностям современного общества. Одной из причин слабой эффективности защитных мер по охране окружающей среды является отсутствие научно обоснованных исходных данных, характеризующих естественную экологическую систему в зоне действия предприятия и отсутствие объективных данных о характере воздействия технологических процессов и выбросов основных и вспомогательных производств на состояние природной среды.

1.2. Основные принципы и задачи инженерной экологии

В решении проблемы взаимодействия общества и природы в настоящее время участвует целый комплекс фундаментальных наук, научных и прикладных дисциплин. Однако большинство инженерных дисциплин замкнулось в рамках своего производства, где видит свою задачу в разработке замкнутых, безотходных и других экологически чистых технологий, позволяющих снизить вредное воздействие на окружающую природную среду. В такой постановке вопроса исключается из рассмотрения один из главных компонентов системы – природа. Поэтому, исследуя сложнейшие процессы взаимодействия производ-

ства с окружающей природной средой, необходимо применение как инженерных, так и экологических методов. Отсюда вытекает необходимость развития новой научной дисциплины – инженерной экологии, объединяющей в себе инженерные и экологические методы исследования.

Объектом исследования инженерной экологии является взаимодействие промышленного предприятия с окружающей природной средой, а предметом изучения – структурные комплексы ноосферы или природно-промышленные системы (ППС) регионального и локального уровней.

Важной задачей инженерной экологии является создание и внедрение системы контроля, прогноза и управления качеством природной среды. Инженерная экология развивается на стыках с общей экологией, географией, климатологией, метеорологией, экономикой, а также на стыках с целым рядом технологических и других инженерных дисциплин. Таким образом, инженерная экология является комплексной научной дисциплиной, изучающей законы взаимодействия промышленного производства с окружающей природной средой и обеспечивающая создание и рациональное функционирование ППК (природно-промышленный комплекс), целью которой – разработка и практическое осуществление технически возможных, экономически целесообразных и экологически необходимых мероприятий, обеспечивающих рациональное использование и охрану природных ресурсов с учетом интересов настоящего и будущего.

Основными задачами инженерной экологии являются следующие:

- изучение законов взаимодействия промышленного производства с окружающей средой и разработка научно-методических основ рационального природопользования с учетом интересов настоящих и будущих поколений;

- разработка и внедрение в практику нормативных и инструктивных документов, обеспечивающих проектирование, строительство и эксплуатацию ППК, а также разработка комплексных схем охраны природы и типовых инженерных и инженерно-экологических мероприятий, направленных на повышение эффективности использования и охраны природных ресурсов на действующих предприятиях;

- разработка методов и средств контроля и прогноза состояния окружающей среды в зоне действия промышленных предприятий и создания эффективных систем управления ППК;

- разработка экономики рационального природопользования, т. е. экономики рационально действующего ППК [19].

1.3. Концепция охраны окружающей природной среды

Современная концепция охраны окружающей природной среды опирается на положения науки о взаимодействии общества и природы, экологическую государственную политику и принципы охраны окружающей природной среды, выработанные в практике развития стран.

Осознание опасности деградации природной среды привело к возникновению новой формы взаимодействия общества и природы – охране окружающей природной среды. Первоначально она проявлялась в форме заповедной охраны редких объектов природы, естественных экологических систем. Интенсивная эксплуатация природных богатств привела к необходимости нового вида природоохранной деятельности – рациональному использованию природных ресурсов, когда требования охраны включаются в сам процесс хозяйственной деятельности по использованию природных ресурсов [27].

Рост масштабов производственной деятельности привел к усилению негативного влияния человека на природу как среду своего обитания, а это в свою очередь поставило под угрозу его жизнь и здоровье, интересы настоящих и будущих поколений. Отсюда следует, что существует и действует не только зависимость природы от человека, но и человека от окружающей среды его обитания. Поэтому возникла одна из основных форм охраны – защита окружающей человека среды, в центре внимания которой находится человек, его жизнь, здоровье, его право на здоровую и благоприятную для жизни окружающую среду.

В нарушенных экосистемах улучшение качества окружающей природной среды достигается регулированием экономических интересов предприятий-производителей и требований экологической защиты природы. Такой метод регулирования получил название управление качеством окружающей природной среды. В нем проявляется сущность охраны окружающей природной среды в современных условиях – достижение оптимального соотношения экономических и экологических интересов общества, при котором обеспечивается качество жизни человека на основе дальнейшего развития экономики при сохранении здоровой, продуктивной естественной среды обитания.

В этом смысле охрана окружающей природной среды представляет собой систему национальных и международных мер, направленных на обеспечение гармоничного взаимодействия между деятельностью человека и благоприятным состоянием окружающей его природной среды [30]–[42].

Современное состояние экологических проблем характеризуется тремя основными тенденциями:

– *гуманизацией* охраны окружающей среды, что выдвигает на первый план право человека на чистую, здоровую, благоприятную для жизни окружающую среду;

– *экономизацией* охраны окружающей среды, в результате которой на основе развития экономического стимулирования предприятий, экологическая безопасность становится неременным условием их хозяйственной деятельности;

– *интернационализацией* охраны окружающей среды. Природа не имеет государственных границ. Она всеобща и едина в масштабах планеты. Это – достояние всего человечества.

1.4. Правовые аспекты охраны окружающей природной среды

Природоохранное законодательство называется совокупность юридических норм, принятых государством и направленных на охрану и сбережение природных ценностей, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, обеспечение, формирование и улучшение качества окружающей среды в интересах настоящих и будущих поколений.

По своей структуре природоохранное законодательство состоит из головного (основного) закона и отраслевых законодательных актов. Основным природоохранным законом носит комплексный характер, который по своему содержанию охватывает всю совокупность природных объектов или всю окружающую природную среду в целом.

Отраслевое природоохранное законодательство имеет четырехзвенную структуру, подразделяясь на законы, правительственные постановления, нормативные акты министерств и ведомств, акты местных органов власти.

В законах под объектами охраны подразумеваются природные блага, ценности природы, ее достопримечательности и памятники, природные ресурсы, окружающая человека среда. Такими природными объектами являются: земля, недра, вода, воздух, растительный и животный мир [30]–[32].

Помимо отдельных природных объектов природоохранное законодательство предусматривает понятие «природные ресурсы». Закон об охране природы подчеркивает, что совокупность природных ресурсов составляет природное богатство.

Охрана окружающей природной среды обеспечивается различными способами – биологическими, химическими, санитарно-гигиеническими и т. д. Правовая охрана окружающей среды – один из способов природоохранной деятельности, в которой проявляется экологическая функция государства.

Правовые меры охраны природы осуществляются на базе двух групп нормативно-правовых предписаний.

К *первой группе* относятся правовые нормы, которые входят в состав природоохранного законодательства. Это законы, постановления, которые содержат общие экологические требования по охране земель, воздуха, вод, лесов, животного и растительного мира. Такие требования воздействуют на хозяйственные отношения через хозяйственное законодательство путем его экологизации.

Вторую группу составляют правовые нормы хозяйственного законодательства, иных отраслей законодательства, отражающие экологические требования.

На основе эколого-хозяйственных норм разрабатываются технические нормы и стандарты, в которых реализуются природоохранные меры. По указанным нормам и стандартам ведется планирование, проектирование, строительство и эксплуатация производственных и других объектов.

1.5. Организация и управление охраной окружающей природной среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности

Главной целью управления должно быть развитие экономики в рамках уменьшения потребления и использования ресурсов окружающей среды. Необходимо также добиться ограничения отрицательного воздействия производства на окружающую среду и, если возможно, улучшения состояния окружающей среды. В соответствии с действующими принципами ответственность за состояние охраны окружающей среды возложена на главных инженеров предприятий, которые отвечают за организацию расследования и оперативное руководство ликвидацией загрязнений водоисточников и земельных угодий при залповых выбросах при бурении скважин, охрану недр и окружающей среды при разведке и разработке нефтяных месторождений.

На предприятиях и организациях, входящих в состав производственных объединений, внедряется комплекс мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов [23].

При бурении скважин производятся следующие природоохранные мероприятия:

- внедрение кустового способа строительства скважин с целью сохранения сельскохозяйственных земель;
- сохранение плодородного слоя почвы, рекультивация временно отведенных земель после окончания бурения;
- организация учета земель;
- очистка и повторное использование буровых растворов;
- изоляция поглощающих и пресноводных горизонтов для исключения их загрязнений;
- применение нетоксичных реагентов для приготовления промывочных жидкостей и буровых растворов;
- использование соответствующих типов промывочных жидкостей для предотвращения нефтегазопроявлений;
- цементирование скважин до устья для исключения загрязнения пресноводных горизонтов;
- ликвидация буровых отходов и горюче-смазочных материалов без нанесения ущерба природе;
- обеспечение цехов и подразделений УБР схемами подъездов к буровым, строительство ЛЭП и водоводов.

При добыче, подготовке и транспортировке нефти и газа осуществляются следующие природоохранные мероприятия:

- очистка и повторное использование нефтепромысловых сточных вод в системе поддержания пластового давления (ППД) нефтяных и газовых месторождений;
- строительство мощностей по очистке и утилизации сточных вод;
- организация предварительного сброса попутной воды на месторождениях;
- защита трубопроводов и оборудования от коррозии, подбор и применение ингибиторов и бактерицидов;
- регулярный контроль за техническим состоянием и герметичностью фонда скважин, трубопроводов и оборудования, своевременное обнаружение и ликвидация утечек;
- всемерное сокращение расхода пресной воды;
- сбор и утилизация попутного нефтяного газа;
- использование сточных вод сторонних предприятий для заводнения продуктивных пластов;
- ремонт и замена старых трубопроводов и оборудования нефтяных и нагнетательных скважин;
- контроль за качеством строительства трубопроводов;

– разработка мер по защите окружающей среды при ремонтных и восстановительных работах на скважинах;

– охрана земельных ресурсов, восстановление земель после загрязнения, ликвидация нефтяного шлама.

В нефтегазодобывающих управлениях (НГДУ) в составе цеха научно-исследовательских и промышленных работ (ЦНИПР) организованы лаборатории охраны окружающей среды, которые выполняют следующие работы:

– исследование химического состава вод из контрольных водопунктов, составление обзорных карт районов деятельности НГДУ и схемы бассейнов рек с нанесением возможных источников загрязнения, разработка мероприятий по предотвращению загрязнения водных источников;

– паспортизация нефтепроводов и водоводов, анализ их работы и причин аварийности, выявление опасных мест, разработка мероприятий по повышению их надежности и снижению аварийности;

– определение и изучение скорости коррозии на установках и трубопроводах, разработка мероприятий по снижению аварийности;

– испытание и внедрение новых ингибиторов коррозии и бактерицидов;

– обоснование норм расхода ингибиторов, контроль за состоянием дозировки ингибиторов в систему трубопроводов;

– контроль качества подготовки сточных вод, закачиваемых в продуктивные пласты;

– определение потерь нефти при подготовке, внутрипромысловом сборе и транспортировке.

На службу охраны окружающей среды УБР возлагаются следующие обязанности:

– организация учета земель;

– составление графика и контроль за возвратом временно занимаемых земель;

– обеспечение максимального внедрения кустового способа строительства скважин с целью сокращения занятия сельскохозяйственных угодий.

В состав задач служб охраны окружающей среды входят также разработка плана природоохранных мероприятий, ежемесячный контроль за выполнением этих мероприятий.

ТЕМА 2. ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

При современных методах разработки нефтяных и газовых месторождений 40–50 % разведанных запасов нефти и 20–40 % природного газа остаются не извлеченными из недр. Около 1–16,5 % нефти и продуктов ее переработки теряются в процессах добычи, подготовки, переработки и транспортировки.

Все технологические процессы в нефтяной промышленности (разведка, бурение, добыча, сбор, транспортировка, хранение и переработка нефти и газа) при соответствующих условиях могут нарушать естественную экологическую обстановку и являться источниками загрязнения окружающей природной среды. Нефть, углеводороды нефти, нефтяной и буровой шламы, сточные воды, содержащие различные химические соединения, способны опасно воздействовать на воздух, воду, почву, растительный, животный мир и человека. Эта опасность уже возникает при нормальных и аварийных условиях разработки нефтяных и газовых месторождений [15].

2.1. Источники нарушения и загрязнения окружающей среды

Любое загрязнение окружающей среды определено нарушением нормальных природных связей между различными объектами биосферы. Так, при строительстве нефтяных и газовых скважин, под источником нарушения и загрязнения окружающей среды понимаются технологические процессы, сопровождающие обустройство буровых площадок, строительство и эксплуатацию скважин. Для выявления активного источника нарушения экологической системы необходимо знать весь технологический процесс и рассматривать его как состоящий из отдельных операций. Задача состоит в том, чтобы в каждом технологическом процессе найти те операции, которые приводят к нарушениям природных связей в экологической системе.

При сооружении скважин возникают следующие природные нарушения:

- геомеханические;
- гидрологические и гидрогеологические;
- биоморфологические.

Источниками геомеханических нарушений являются следующие технологические процессы:

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

Источники геомеханических нарушений при строительстве скважин характеризуются качественными и количественными характеристиками. Основными качественными характеристиками источников геомеханических нарушений являются:

- подвижность или стационарность;
- прерывность, периодичность или постоянность;
- расположение относительно дневной поверхности;
- способ образования выемок (котлованов) или насыпей (механический, гидравлический и т. д.);
- направление перемещений потоков грунта.

Основные количественные характеристики источников геомеханических нарушений при строительстве скважин следующие:

- скорость фронта работ (часовая, суточная, ежемесячная);
- площадь фронта работ;
- глубина или высота работ от поверхности;
- мощность вынимаемого грунта, толщина нарушаемого слоя почвогрунта, высота насыпки кустовой площадки;
- площадь территории буровой;
- дренируемость почвогрунта и т. д.

Большинство гидрологических нарушений связано с подготовительными работами, и бурением верхних водоносных горизонтов геологического разреза.

Гидрогеологические нарушения связаны непосредственно с процессом углубления скважины и выражаются в поступлении в водоносные горизонты загрязнителей (поглощения буровых растворов) или водопроявлениях, что приводит к изменению гидрогеологического режима природного водоносного комплекса.

Источниками биоморфологических нарушений являются следующие процессы:

- расчистка территории под буровую площадку;
- снятие и складирование плодородного слоя почвы;
- сооружение буровой и прокладка технологических коммуникаций, необходимых для бурения скважины [6].

2.2. Природные объекты загрязнения при бурении скважин

Процесс бурения скважин сопровождается применением материалов и химреагентов различной степени опасности, значительными объемами водопотребления и образования производственно-технологических отходов, представляющих определенную опасность для природных объектов. Основными объектами загрязнения при бурении скважин являются геологическая среда (подземные воды), гидро- и литосфера (открытые водоемы, почвенно-растительный покров). Они загрязняются в результате несовершенства и несоответствия отдельных технологических процессов требованиям охраны окружающей среды, а также из-за попадания в объекты биосферы нефтепродуктов, химреагентов и производственно-технологических отходов бурения, представленных буровыми сточными водами (БСВ), отработанным буровым раствором (ОБР) и буровым шламом (БШ). Наиболее ощутимы отрицательные последствия нефтепромышленного загрязнения почв, поверхностных и подземных вод.

Источники загрязнения при бурении скважин условно можно разделить на *постоянные* и *временные*.

К первым относятся:

- фильтрация и утечки жидких отходов бурения из накопительных котлованов, сооружаемых в минеральном грунте (шламовых амбаров).

Ко второй группе следует отнести источники временного действия:

- поглощение бурового раствора при бурении;
- выбросы пластового флюида на дневную поверхность;
- нарушение герметичности зацементированного заколонного пространства, приводящие к межпластовым перетокам и заколонным проявлениям;
- затопление территории буровой вследствие паводка в период весеннего половодья или интенсивного таяния снегов и вследствие разлива содержимого шламовых амбаров.

Общим для них является то, что они носят вероятностный характер, а их последствия трудно предсказать [23].



Рис. 2.1. Систематизация источников загрязнения природной среды при бурении скважин

Систематизация источников загрязнения объектов окружающей среды показана на рис. 2.1.

2.3. Буровые сточные воды – основной источник загрязнения окружающей среды

Наибольшую опасность для объектов природной среды представляют производственно-технологические отходы бурения, которые накапливаются и хранятся непосредственно на территории буровой, как правило, в земляных амбарах (котлованах-отстойниках), устраиваемых в минеральном или насыпном грунте. Отходы в своем составе содержат широкий спектр загрязнителей минеральной и органической природы, представленных материалами и химреагентами, используемыми для приготовления и обработки буровых растворов. Наибольший объем среди отходов бурения составляют БСВ. Это связано с тем, что строительство скважин сопровождается потреблением значительных объемов природной воды и образованием загрязненных стоков в виде БСВ. Суточная потребность буровой в технической воде колеблется в широких пределах от 25–30 до 100–120 м³ и зависит как от природно-климатических условий и геолого-технических особенностей проводки скважин, так и от организации системы водоснабжения [8].

При бурении скважин в основном применяется прямоточная система водоснабжения, а источниками водообеспечения служат откры-

тые водоемы (озера, реки, ручьи), артезианские скважины и водопроводная сеть. Водопотребление регламентируется индивидуальными технологическими нормами водопотребления, закладываемыми в проекты на строительство скважин. Такие технологические нормы в настоящее время разработаны практически для каждого региона. Как показывает практика, в среднем по отрасли норма водопотребления составляет 0,9–1,1 м³ на 1 м проходки [6].

Объем образующихся буровых сточных вод определяется множеством факторов. Из них наибольшее значение имеет глубина скважин, продолжительность бурения и удельный вес затрат времени на ликвидацию осложнений и аварий. Как показывает опыт работ, в среднем суточные объемы образующихся БСВ могут составлять 20–40 м³ на одну скважину (куст). Значительное влияние на объемы БСВ оказывает также и система водоснабжения. Чем больше используется оборотной воды на технологические нужды, тем меньше объемы сточных вод, но в то же время степень загрязненности их выше.

По условиям образования БСВ можно разделить на три категории: производственные сточные воды, хозяйственно-бытовые и атмосферные.

Производственные сточные воды формируются в процессе выполнения различных технологических операций, работы механизмов, оборудования и устройств.

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

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

Основными точками водопользования и водоотведения на буровой являются насосная группа, дизельный блок, рабочая площадка буровой вышки, блок очистки буровых растворов, узел приготовления и утяжеления растворов, циркуляционная система, блок химреагентов, блок емкостей с запасным буровым раствором. Указанные места являются источниками образования и загрязнения БСВ (рис. 2.2).

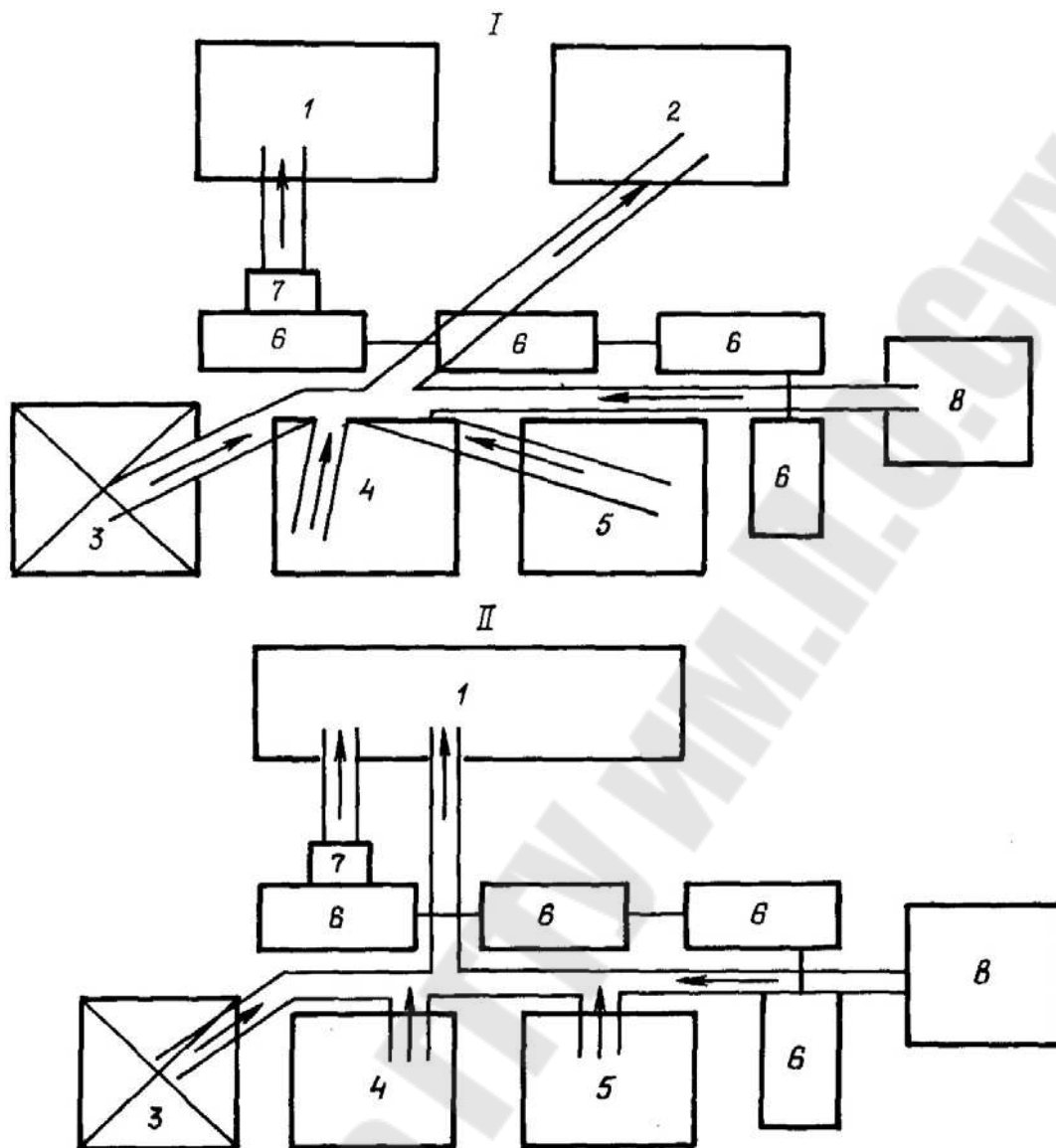


Рис. 2.2. Инженерная система канализации жидких стоков в амбаре: I – при раздельном сборе отходов по видам; II – при совместном сборе всех отходов в один амбар: 1 – шламовый амбар; 2 – амбар для БСВ; 3 – буровая площадка; 4 – энергоблок (дизельный блок); 5 – насосный блок; 6 – циркуляционная система; 7 – узел очистки буровых растворов от шлама; 8 – блок приготовления растворов и химреагентов

Известно, что любая технологическая схема очистки сточных вод предусматривает системы сбора и накопления стоков, которые должны обеспечить быстрое удаление и сбор сточных вод с производственно-технологических площадок и канализацию их к местам накопления и хранения.

На бурящихся скважинах сбор производственных и атмосферных сточных вод осуществляется, как правило, самотеком по водоводным

каналам, устроенным либо в минеральном грунте, либо представляющим собой металлические или железобетонные желоба. Поступление БСВ из одного котлована (амбара) в другой осуществляется естественным перетоком или с помощью перекачивающих устройств.

Для сбора БСВ в зависимости от глубины скважины и продолжительности строительства на ее территории сооружают водяные амбары. Такие амбары в подавляющем большинстве случаев сооружают в минеральном грунте с соблюдением соответствующих требований гидроизоляции. Несмотря на соблюдение всех природоохранных мер строительство амбаров представляет собой серьезный источник загрязнения природной среды вследствие высокой подвижности и хорошей аккумулялирующей способности сточных вод к загрязнителям.

2.4. Отработанный буровой раствор и буровой шлам – опасные отходы бурения скважин

Одним из опасных видов отходов бурения считается ОБР и БШ, или выбуренная порода.

Основным типом промывочных жидкостей, применяемых при бурении скважин, являются глинистые буровые растворы на водной основе, которые готовятся, как правило, из глинопорошка. Для регулирования фильтрационных и структурно-механических свойств буровых растворов используется набор специальных химреагентов. В качестве профилактической противоприхватной добавки большое распространение получила нефть [25].

Определение объемов ОБР, БШ и БСВ зависит от многих факторов и регламентируется РД 39–022–90 [40] на территории работ РУП «ПО «Белоруснефть». Знание объемов отходов бурения, наряду с оценкой уровня и характера их загрязненности, необходимо для правильного понимания механизма воздействия на объекты природной среды и выбора необходимого комплекса природоохранных мер. Исходной информацией для расчета объемов отходов бурения (БШ), (ОБР) и (БСВ) служат геолого-технический наряд, режимно-технологическая карта и регламенты на буровые растворы [39]. Все технологические операции по очистке, утилизации и обезвреживанию отходов бурения производят в соответствии с СТП 00–087–89 «Белоруснефть» [41].

Для упрощения расчета объемов образующихся отходов по видам (БСВ, ОБР и БШ) рекомендуется использовать показатель «удельный норматив», т. е. объем отходов, образующихся при бурении 1 м скважины. Такие удельные нормативы устанавливаются статистическим методом

для каждого региона бурения. Так, для Западной Сибири расчеты показывают, что удельный объем образования БСВ, ОБР и БШ при бурении скважин соответственно составляет 0,24; 0,2 и 0,18 м³ на 1 м проходки. Суммарные объемы отходов бурения по их видам в целом по отрасли за период с 1986 по 1990 г. составили свыше 25 млн м³ отходов [6].

Объемы загрязнения природной среды определяются в первую очередь совершенством технологии строительства скважин, надежностью мест локализации отходов бурения. Принятая в настоящее время технология строительства скважин ориентирована на использование земляных котлованов для сбора и хранения отходов бурения. Такие амбары подлежат ликвидации после окончания бурения скважин. Однако из-за несовершенства технологии их ликвидации не всегда удается своевременно и качественно проводить такие работы. Поэтому основными источниками загрязнения природной среды при бурении скважин являются шламовые амбары, основными путями проникновения отходов бурения в объекты гидро- и литосферы являются:

- фильтрация в почвогрунты и утечки при нарушении обваловок и стенок амбаров;

- фильтрация в результате паводков в период дождей и интенсивного таяния снегов.

Проблема ликвидации шламовых амбаров еще далека от своего решения. Так, из года в год продолжает сохраняться задолженность буровых предприятий по неликвидированным амбарам. Причем ежегодные темпы роста задолженности буровых предприятий по этому показателю опережают темпы роста объемов буровых работ. Из-за несвоевременной ликвидации шламовых амбаров в объекты окружающей среды ежегодно попадает до 6,5 % их содержимого. Если учесть, что наиболее подвижными отходами являются жидкие отходы (БСВ и ОБР), которые аккумулируют в себе основной объем загрязнителей (нефть, нефтепродукты, органические химреагенты и растворимые минеральные соли), то они главным образом и попадают в объекты природной среды.

Таким образом, анализ источников и причин загрязнения природной среды при строительстве скважин свидетельствует о том, что основным загрязняющим фактором являются производственно-технологические отходы бурения, а главным источником – шламовые амбары.

ТЕМА 3. ХАРАКТЕР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН

3.1. Загрязняющие свойства и состав отходов бурения скважин

Основным источником загрязнения объектов природной среды при разработке нефтяных месторождений являются сточные воды, которые загрязняются буровым раствором и его компонентами, выбуренной породой, химическими реагентами, нефтью и нефтепродуктами, горюче-смазочными материалами (ГСМ), которые попадают в БСВ в местах, где производятся технологические операции с этими веществами и где возможны их потери. Основными загрязнителями сточных вод являются взвешенные вещества, нефть и нефтепродукты, органические соединения, растворимые минеральные соли, а также различные примеси. Загрязняющие свойства отработанных буровых растворов определяются, как правило, применяемыми химреагентами и материалами, а также составом разбуриваемых пород. Указанные отходы сильно загрязнены нефтью и нефтепродуктами, содержат в своем составе значительное количество органики и минеральных солей, в том числе вредных и токсичных для водоемов, почвогрунтов и почвенно-растительного покрова.

Загрязняющие свойства бурового шлама обусловлены минералогическим составом выбуренной породы и остающимися в ней остатками бурового раствора. Анализ фазового, фракционного и компонентного состава шлама, а также его физико-химических свойств показывает, что за счет адсорбции на поверхности частиц шлама происходит аккумуляция химреагентов, используемых для обработки буровых растворов, которые характеризуются ярко выраженными загрязняющими свойствами. Так, в составе шлама отмечается значительное содержание нефти и нефтепродуктов, опасной для объектов природной среды органики, растворимых минеральных солей, токсичных для почвенно-растительного покрова.

Таким образом, можно сделать вывод, что отходы бурения представляют опасность для объектов природной среды, так как содержат широкую гамму загрязнителей. Однако в настоящее время отсутствуют убедительные данные по оценке уровня загрязненности каждого вида отходов при бурении скважин. И в то же время понятно, что загрязняющий потенциал отходов бурения обусловлен главным образом используемыми материалами и химреагентами, номенклатура и ассор-

тимент которых достаточно велик. Так, с отходами бурения в объекты окружающей среды попадают следующие материалы и химреагенты:

- КМЦ и его аналоги;
- акриловые полимеры (М-14, Метас, НР-5 и др.);
- ОЭЦ;
- кремнийорганические жидкости (ГКЖ-10, ГКЖ-11, Петросил-2м);
- комплексоны (НТФ и ОЭДФ);
- сода кальцинированная и сода каустическая;
- лигносульфонаты (окзил, ФХЛС, лигносил);
- полиакриламид и аналоги;
- гуматные реагенты;
- триксан;
- нефть и ее производные;
- хромпик;
- другие реагенты.

Как показывают расчеты, в среднем на 1 м³ отходов приходится до 68 кг загрязняющей органики, не считая нефти и нефтепродуктов и загрязнителей минеральной природы. Все вышеперечисленные загрязнители определяют характер и уровень загрязнения объектов природной среды в районах бурения и поэтому должны учитываться при разработке природоохранных мероприятий [6].

В настоящее время характер и последствия загрязнения объектов природной среды при бурении скважин практически не исследованы. Имеющиеся отдельные публикации отечественных и зарубежных авторов не охватывают всю полноту проблемы, исследования носят поверхностный, описательный характер и отличаются незаконченностью и неконкретностью разработок. В этой связи не представляется возможным дать исчерпывающую однозначную характеристику процессам, протекающим в природной среде вследствие ее загрязнения при бурении скважин, и оценить последствия этого негативного воздействия.

Оценке вредного воздействия отходов бурения и их отдельных ингредиентов на объекты окружающей среды посвящен ряд самостоятельных работ. У большинства исследователей нет однозначного мнения о приоритетности показателей, характеризующих загрязняющие свойства отходов различных видов. *В современной практике действие отходов на окружающую среду оценивается по вредности используемых в их составе химических веществ и материалов.* В основном для этих целей рекомендуется использовать санитарно-токсикологический показатель, который дает представление о степени вредности веществ и материалов на объекты биосферы с позиции токсикологии [10]. Ис-

ходя из вышесказанного, токсичность веществ характеризуется значением показателя предельно-допустимой концентрации (ПДК). Предельно-допустимая концентрация – максимальная концентрация данного токсичного вещества, при которой не ухудшается здоровье, работоспособность, самочувствие человека и не наблюдается неблагоприятных наследственных изменений у потомства. В основу выделения ПДК положены исследования влияния токсичных веществ на животных, людей и растительность, а также на почву и другие компоненты окружающей среды. Для различных природных объектов значения ПДК одного и того же вещества неодинаковы. Многие материалы и химреагенты не имеют регламентированных значений ПДК, несмотря на определенный загрязняющий эффект, проявляемый ими. Так, на основании экспериментальных исследований большинство авторов считают, что полимерные реагенты, используемые в бурении, безвредны благодаря высокой молекулярной массе, что лишает их возможности разрушать живую клетку. Вещества, основанные на полисахаридах, склонны к быстрому биохимическому разложению, в то же время гуминовые кислоты, лигнин и лигносульфонаты довольно устойчивы к биодegradации. Хром в органических соединениях маловреден, а в свободном состоянии – весьма токсичен [15].

Как справедливо отмечают многие исследователи, загрязняющее действие отходов бурения на природные объекты не обязательно может проявляться в токсическом эффекте на биосферу, а способно выражаться в нарушении экологического равновесия и повреждении экосистемы.

Основным критерием состояния объектов природной среды считается ПДК, т. е. такая концентрация химического вещества, которая при ежедневном воздействии в течение длительного времени на организм человека не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами. В настоящее время в России ПДК установлены для 145 веществ и 20 их комбинаций в атмосферном воздухе, для 32 веществ в морской воде, для 60 веществ в воде пресных и морских водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение, а также для 1000 веществ в воде водоемов санитарно-бытового назначения [35].

3.2. Влияние отходов бурения на водные объекты

Всякий водоем или поверхностная водная система – неотъемлемая часть окружающей внешней среды. На гидрохимический состав водных объектов оказывают влияние условия формирования поверхностного или подземного водного стока, природно-климатические особен-

ности, развитие хозяйственно-промышленной инфраструктуры. Последствием антропогенного влияния на водные объекты является привнесение в водную среду новых, не свойственных ей веществ-загрязнителей, ухудшающих качество воды. Загрязнения, поступающие в водную среду, классифицируют по-разному, в зависимости от качества загрязняющих веществ и последствий, вызываемых ими. Так, обычно выделяют химическое, физическое и биологическое загрязнения.

Химическое загрязнение представляет собой изменение естественных химических свойств воды за счет увеличения содержания в ней вредных примесей как неорганической (минеральные соли, кислоты, щелочи, глинистые частицы), так и органической природы (нефть и нефтепродукты, органические остатки, поверхностно-активные вещества, пестициды и т. п.).

Физическое загрязнение связано с изменением физических параметров водной среды и определяется тепловыми, механическими и радиоактивными примесями.

Биологическое загрязнение заключается в изменении свойств водной среды в результате увеличения количества не свойственных ей видов микроорганизмов (бактерий, простейших), привнесенных извне.

Загрязнение поверхностных вод отходами бурения скважин относится к химическому типу загрязнения. В специальной литературе освещаются отдельные вопросы влияния отходов бурения на водные объекты. Особое внимание уделяется нефтяному загрязнению водоемов, потому что из всего многообразия загрязнителей наибольшую опасность представляет нефть. По расчетам некоторых исследователей, в водные объекты может поступать до 30 % нефти и нефтепродуктов, теряемых в процессе строительства скважин в районах с высокоразвитой гидрологической сетью. Из литературных данных видно, что между объемами буровых работ и уровнем загрязненности объектов нефтью и нефтепродуктами имеется определенная взаимосвязь [6], [10].

Характер и последствия нефтяного загрязнения водных объектов достаточно хорошо освещены в специальной литературе [7], [8], [10], [14], [15], [20]. При разработке месторождений углеводородов на континентальном шельфе происходит интенсивное влияние в основном на три составляющие окружающей природной среды: атмосферу, морскую среду и геологическую среду, расположенную ниже дна. Здесь мы подошли к главному понятию экологического изучения природной среды – понятию *мониторинга*. Что касается континентального шельфа, в Федеральном законе «О континентальном шельфе» (ст. 33) запи-

сано «Экологический мониторинг представляет собой систему регулярных наблюдений за состоянием морской среды и донных отложений, в том числе за показателями химического и радиоактивного загрязнения, микробиологическим и гидрогеологическими параметрами и их изменениями под влиянием природных и антропогенных факторов». Именно поэтому комплексный экологический мониторинг, осуществляемый на месторождениях углеводородов на континентальном шельфе, должен состоять из трех блоков для каждой среды: воздушной, водной и геологической.

Правильно организованный гидробиологический мониторинг дает информацию о степени загрязнения вод шельфа и о биологической реакции на это загрязнение. Основными антропогенными процессами, ведущими к деградации биогеоценозов и разрушению морских экосистем, являются:

- химическое загрязнение различными углеводородами, химреактантами и другими токсикантами морских вод и донных осадков;
- изменение газового состава морских вод;
- изменение характера седиментации и литодинамических процессов на шельфе;
- загрязнение морских вод буровыми растворами, промышленными стоками и различными видами промывочных жидкостей.

Нефть, попадая в морскую воду, создает на ее поверхности нефтяную пленку; тяжелые фракции нефти оседают на дно, происходит эмульгирование нефти, растворение легких фракций в воде, а также образование нефтяных агрегатов. Нефть при разливах покрывает пленкой огромные участки водной поверхности (1т нефти образует сплошную пленку на площади 2,6 км²). В результате нарушается кислородный, углекислотный и другие виды газового обмена в поверхностных слоях морской воды, что пагубно воздействует на планктон, морскую фауну и флору.

Известные работы отечественных специалистов дают представление о влиянии отработанных буровых растворов и шлама на морские гидробионты [10], [14], [25]. Опыты показали, что наиболее токсичными реагентами для молоди рыб являлись баритовый утяжелитель, известь, каустическая сода, бихромат калия и некоторые другие реагенты органической природы [10]. Специалистами отдела биологии Техасского университета США изучалась токсичность четырех разных фракций бурового раствора на основе лигносульфонатов с добавкой хрома для морских беспозвоночных. Было установлено, что

фильтрат таких буровых растворов вызывает гибель 32–100 % подопытных гидробионтов в течение 96 часов. Аналогичные данные получены для взвешенных веществ и осажденной твердой фракции.

Окисленная нефть (на окисление 1 т нефти необходим кислород, содержащийся в 400 л воды) оседает на дно шельфа. Эмульсия типа «вода в нефти» способна разрушаться или разлагаться под действием бактерий, а эмульсия типа «нефть в воде», которую образуют высокомолекулярные соединения, смолы, асфальтены, отличаются значительной стойкостью. Эмульсия типа «шоколадный мусс» практически не поддается бактериальному разрушению. Такие стойкие эмульсии содержат 30–40 мг/л нефти. Нефть пагубно влияет на донные организмы (бентос). Незначительные концентрации нефти приводят к изменению состава крови и нарушению углеводородного обмена рыб. Содержание нефти в воде выше 100 мг/м³ придает рыбам специфический запах и привкус, который не устраняется при технологических обработках.

Наибольшей токсичностью обладает растворенная и эмульгированная в воде нефть. Концентрация ее выше 0,05 мг/л приводит к значительным нарушениям биологического равновесия водоемов, влияет на физико-биохимическую функцию организмов.

Пленочная нефть менее токсична, однако вызывает изменение обменных процессов между поверхностным слоем воды и воздушной средой, нарушает первичные биохимические процессы, происходящие в поверхностном слое воды, препятствует проникновению солнечных лучей в ее более глубокие слои.

Промывочные жидкости (буровые растворы) представляют собой сложную полидисперсную систему, состоящую из жидкой фазы (вода, нефть, дизельное топливо) и твердой фазы (глина, частицы кварца и известняка, другие нерастворимые минералы).

В состав указанной системы входят химические реагенты: утяжелители (барит, оксиды железа), структурообразователи, коагулянты. Обработку забоя скважины проводят с помощью кислот (соляной, уксусной, плавиковой), а для предотвращения гидратообразования применяют метанол. Объемы буровых растворов при проходке глубоких добывающих скважин достигают нескольких тысяч кубометров. О токсичности практически всех применяемых в буровых растворах химреагентов свидетельствуют такие примеры. При содержании нитролигнина в воде в концентрациях от 42 до 55 мг/л гибель водных организмов наступает после 20–76-часового воздействия. При проходке

одного погонного метра ствола скважины получается в среднем $0,2 \text{ м}^3$ отработанного бурового раствора [25].

Тампонажный цемент как токсикант влияет на выживаемость, рост массы, интенсивность питания и т. д. Наиболее чувствительна к воздействию тампонажных цементов молодь лосося, которая при концентрации цемента 30 мг/л гибнет через 29–35 часов.

Буровой шлам, попадая в морскую воду, также является загрязнителем, так как в его состав входят выбуренная порода (60–80 %), органические вещества (8 %), водорастворимые соли (до 6 %), утяжелитель, глина, иногда нефть. Загрязняющее воздействие шлама обусловлено присутствием в нем органических добавок к буровому раствору: углещелочного реагента, конденсированной сульфит спиртовой барды и т. д.

Пластовые попутные воды имеют химический состав, зависящий от геологического возраста и стратиграфического положения продуктивного пласта, минерализацию в пределах от 1 до 300 г/л. Они бывают двух основных видов: жесткие – хлоридно-кальциево-магниевые и щелочные – гидрокарбонатно-натриевые. Пластовые воды нефтяных месторождений содержат также нефть и значительное количество солей органических кислот, органические вещества (фенолы, эфиры, бензолы) и токсичные элементы (бор, литий, бром, стронций). При концентрации пластовых вод 68,7 мг/л гибель рыб наблюдается через 1–2 суток.

Необработанные хозяйственные сточные воды содержат большое количество бактерий, паразитов, растворенные органические и взвешенные компоненты. При постоянном загрязнении этими водами содержание растворенного в воде кислорода уменьшается, что приводит к нарушению процесса естественного самоочищения и, как следствие, к изменению всей экологии акватории. Фосфаты и нитраты, содержащиеся в неочищенных бытовых сточных водах, служат пищей для водорослей и являются причиной их бурного разрастания. Погибая, водоросли оседают на дно, еще более увеличивая слой ила и гниющих растений, на разложение которых уходят остатки кислорода в нижних слоях воды.

Детергенты – поверхностно-активные вещества (ПАВ), добавки, комплексообразующие вещества, наполнители и присадки также являются загрязнителями. Попадая в водоемы со сточными водами, они образуют большое количество пены, которая может явиться причиной распространения бактерий и патогенных вирусов. Такой непрерывный слой пены на поверхности воды нарушает газовый обмен между водоемом и атмосферой, тем самым угнетая условия жизни обитателей подводного мира и процессы самоочищения воды [10].

Одним из основных санитарных требований, предъявляемых к качеству воды, является содержание в ней необходимого количества кислорода. Вредное действие оказывают загрязнения, которые так или иначе способствуют снижению содержания кислорода в воде. К этим загрязнителям относятся уже рассмотренные нами нефть и нефтепродукты, а также ПАВ, к которым относятся жиры, масла, горюче-смазочные материалы. Они образуют пленку на поверхности воды, которая препятствует газообмену между водой и атмосферой, тем самым снижая степень насыщенности воды кислородом. Как видно, отходы бурения представляют серьезную опасность для водных объектов.

3.3. Проблема загрязнения почвогрунтов

Почва – наиболее ценный и трудновозобновляемый компонент природной среды, от состояния почвы зависят продовольственные ресурсы и жизнь человеческого общества вообще. Загрязнение почв приводит к значительному экологическому и экономическому ущербу: падает урожайность сельскохозяйственных культур, уменьшается продуктивность лесных ресурсов, изымаются из хозяйственного землепользования большие площади, ухудшается санитарное состояние окружающей среды [26].

Проблеме загрязнения почвогрунтов посвящено много исследований, в которых рассматриваются вопросы агроэкологической оценки загрязняющего влияния отработанного бурового раствора, буровых сточных вод, шлама и отдельных химреагентов [9], [10], [15], [18], [23], а также нормативных документов, способствующих охране почв [36], [37].

Так, изучение последствий загрязнения наземного растительного покрова отходами бурения показывает, что на всех пораженных участках наблюдается лишь незначительное восстановление растительного покрова. Даже после 15 лет растительность восстанавливается менее чем на половину. Во всех случаях сразу после разлива отходов бурения, особенно содержащих нефть, растительный покров практически полностью уничтожается. Основной причиной гибели растений является вытеснение кислорода из почвы. Период самовосстановления растительного покрова после загрязнения его нефтесодержащими отходами бурения для северных условий составляет 10–15 лет [6].

Процесс загрязнения почвогрунтов отходами бурения разделяется на три стадии:

– первая стадия характеризуется образованием поверхностного ареала загрязнения и незначительным проникновением компонентов отходов бурения в грунтовую среду;

– на второй стадии происходит вертикальная инфильтрация жидких компонентов;

– третья стадия характеризуется боковой миграцией загрязнителей.

Для правильного понимания процессов, происходящих в почвах в результате загрязнения, остановимся на определении почвы и ее составных частей. *Почва* – это биологически активная среда, насыщенная большим количеством всевозможных микроорганизмов (бактерий и грибов). Микроорганизмы почв разлагают органические остатки (включая и нефтепродукты) и способствуют образованию органических кислот, которые вступают в химическую реакцию с частицами минеральных пород.

Наиболее важная составная часть почвы – гумус (или перегной). В состав гумуса входят высокомолекулярные органические кислоты, соли и другие вещества.

Другая составная часть почвы – почвенные коллоиды, которые представляют собой совокупность мелких органических и минеральных частиц, обеспечивающих ионообменную способность, кислотность и буферность почвы. Обычно загрязнения нефтью приводят к значительным изменениям физико-химических свойств почв, которые выражаются разрушением слабых почвенных структур и диспергированием почвенных частиц, что вызывает снижение водопроницаемости почв.

За счет загрязнения нефтью в почве резко возрастает соотношение между углеродом и азотом, что ухудшает азотный режим почв и нарушает корневое питание растений. Кроме того, нефть, попадая на поверхность земли и впитываясь в грунт, сильно загрязняет подземные воды и почву, в результате чего плодородный слой земли не восстанавливается в течение длительного периода времени. Объясняется это тем, что из грунта вытесняется кислород, необходимый для жизнедеятельности растений и микроорганизмов.

Такое же отрицательное влияние на механические и агрохимические показатели почв оказывают буровые растворы, характеризующиеся высокой минерализацией, щелочностью и высоким содержанием твердой фазы, представленной в основном глиной. Жидкие буровые отходы, попадая в почву, плохо смешиваются с ней, образуя крупные глинистые комки, обладающие высокой вязкостью и липкостью. Высыхая, они не разрушаются, в результате чего резко ухудшается агрономическая ценность почвенной структуры. Увеличение щелочности почвы приводит к угнетению растений. Высокая минерализация буровых растворов приводит к резкому увеличению засоленности

почвы. Величина сухого остатка на загрязненных участках достигает 1,0–1,5 %, что приводит к полной гибели растений. Резко возрастает количество токсичного для растений хлора и натрия, что делает почву непригодной для возделывания сельхозкультур.

Из всех компонентов отходов бурения наиболее токсичными являются нефть и нефтепродукты. Попадая на почву, тяжелые фракции проникают на незначительную глубину и задерживаются верхними слоями грунта. Более легкие фракции проникают в нижележащие слои. Следовательно, загрязнение происходит главным образом легкими фракциями. На сильно загрязненном участке глубина проникновения нефти может достигать 90 см и более. На сильно загрязненных участках растительность погибает почти полностью, особенно мхи и лишайники. По мере перемещения нефти вниз уровень ее насыщения в грунте снижается. Ниже определенного уровня насыщения (так называемого остаточного насыщения), составляющего 10–12 %, нефть перестает мигрировать и становится неподвижной.

Если нефть достигает уровня грунтовых вод, то дальнейшее ее движение вниз прекращается. Легкие фракции нефти могут всплывать на поверхность грунтовых вод, но под влиянием капиллярных сил тенденция нефти к миграции сохраняется. Кроме того, нефть перемещается по направлению естественного уклона поверхности грунтовых вод. Расширение площади распространения нефти под действием капиллярных сил уменьшает насыщенность почв нефтью. Если новых поступлений нефти в грунт не происходит, то может быть достигнута остаточная насыщенность и дальнейшая ее миграция прекращается. Капиллярный эффект хорошо прослеживается при значительной проницаемости и пористости грунтов. Например, пески и гравийный грунт весьма благоприятны для миграции нефти, а глины и илы не способствуют перемещению нефти. В горных породах нефть движется по трещинам и размеры вертикальной и горизонтальной миграции можно довольно уверенно прогнозировать.

Скорость изменения содержания нефти в почве неравномерна. Основная масса нефти теряется в первые три месяца после попадания в почву, в дальнейшем процесс идет очень медленно, особенно замедляется при достижении ее содержания 1,0–1,5 %. Значительная часть нефти механически выносится водой за пределы участков загрязнения и рассеивается на путях движения водных потоков, в результате чего загрязняются грунтовые воды. Остаточная нефть подвергается микробиологическому разложению. Часть нефти минерализуется, другая часть превращается в

нерастворимые продукты метаболизма. Иногда мощность битуминизированного слоя достигает 40–50 см и верхняя часть гумосодержащего горизонта приобретает смолисто-черную окраску. В результате закупорки капилляров почвы нефтью нарушается аэрация, создаются анаэробные условия, изменяется окислительно-восстановительный потенциал. Битуминизирование ухудшает водопроницаемость почвы, ее смачиваемость. Талые и дождевые воды на замазученных участках не впитываются в почву, а стекают по склонам.

Следует отметить, что неблагоприятное влияние загрязнения почв нефтью через пищевые цепи может негативно воздействовать и на человека. Нельзя исключать возможность канцерогенного эффекта нефтяного загрязнения.

Как известно, одной из причин токсичности почвогрунтов является их засоление. Отработанные буровые растворы и буровой шлам содержат в своем составе значительное количество опасных для почв минеральных солей. Критической является концентрация минеральных солей свыше 2,0–2,5 кг/м² почвы, которая приводит к резкому угнетению микробиологического режима почвенного слоя. Для снижения отрицательного влияния минерализованных буровых растворов на почвы применяют промывной тип водного режима с обязательным внесением химических соединений, улучшающих водно-физические свойства и структуру почв [9], [18].

Примером отрицательного влияния минеральных солей на почвы могут служить результаты обследования шламовых амбаров нефтяных месторождений Беларуси. Так, бурение скважин в РУП «ПО «Белоруснефть» ведется соленасыщенными буровыми растворами, которые уходят в отходы и накапливаются в шламовых амбарах, в результате чего происходит засоление грунтов и подземных вод. Миграция насыщенных солями вод идет как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Площадь засоления территории буровой может достигать 4,5 га. Содержание солей в почвенном слое изменяется от 0,5 (на границе ореолов) до 20–30 г на 1 кг почвы (у амбаров). Минерализация грунтовых вод, залегающих на глубине 2–4,5 м, у амбаров достигает 20–50 г/л (естественная минерализация их не превышает 0,5–3,0 г/л). Процесс рассоления почв происходит крайне медленно. Полного рассоления почв фактически не зафиксировано ни на одном из участков ранее пробуренных скважин [6].

Изучение последствий загрязнения почвенно-растительного покрова отходами бурения показывает, что на всех пораженных участках

наблюдается лишь незначительное восстановление растительного покрова. После 15 лет растительность восстанавливается менее чем на половину. Во всех случаях сразу после разлива отходов бурения, особенно содержащих нефть, растительный покров практически полностью уничтожается.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что загрязнение почвогрунтов отходами бурения представляет серьезную угрозу природной среде.

ТЕМА 4. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН

4.1. Причины и характер загрязнения грунтовых и подземных вод

Антропогенное загрязнение подземных вод в районах разработки и освоения нефтегазоносных месторождений связано с интенсивным техногенным воздействием процессов разбуривания и эксплуатации скважин. Самое отрицательное воздействие на гидрохимический режим грунтовых и подземных вод оказывают процессы строительства скважин, куда входят следующие виды работ:

- бурение и испытание скважин;
- добыча и интенсификация добычи нефти;
- сбор, подготовка и транспортировка нефти.

Основными причинами проникновения загрязнителей являются:

1) невысокое качество гидроизоляции шламовых амбаров и несоответствие их объемов объемам образующихся отходов, главным образом жидких отходов, обладающих высокой аккумулялирующей способностью и подвижностью;

2) поглощение бурового раствора в процессе бурения скважины и фильтрация его водной фазы в проницаемые отложения;

3) межгоризонтные перетоки по затрубному пространству и нарушенным обсадным колоннам;

4) аварийные выбросы пластового флюида на дневную поверхность;

5) некачественная рекультивация шламовых амбаров.

Основными потенциальными загрязнителями являются следующие: буровые и тампонажные растворы; буровые сточные воды и шлам; пластовые высокоминерализованные рассолы; материалы для приготовления, утяжеления и обработки буровых и тампонажных растворов; ГСМ, ПАВ и др. [6].

Процесс сбора, подготовки и транспортировки нефти может являться причиной загрязнения в результате:

- 1) аварийных порывов трубопроводов;
- 2) нарушения герметичности резервуаров-отстойников и других гидротехнических сооружений;
- 3) утечки вследствие строительно-монтажных дефектов и коррозии промышленного оборудования.

К основным потенциальным загрязнителям также относятся нефть, нефтепродукты, высокоминерализованные воды и др.

Наиболее подвержены загрязнению пресные грунтовые и сравнительно неглубоко залегающие напорные воды, используемые для питье-

вых, хозяйственно-бытовых и технических целей. Пресные подземные воды сконцентрированы главным образом в верхней части земной коры (педосферы), в зоне активного водообмена на глубинах до 150–200 м, ниже, в зоне замедленного подземного стока, располагаются воды повышенной минерализации.

Изменение естественного природного химического состава пресных подземных вод происходит под влиянием природных и техногенных факторов, основными из которых являются:

- 1) физико-химические свойства и состав загрязненных сточных вод;
- 2) физико-химическое взаимодействие их с вмещающими породами при движении воды от областей питания к участкам разгрузки или понижения водоносного горизонта.

Проникновение загрязнителей в водоносные горизонты происходит за счет просачивания технологических стоков через слабопроницаемые слои и литологические окна. Кроме того, характер загрязнения зависит от климатических условий, характера почвенного покрова и растительности, рельефа и густоты гидрографической сети.

Поступление в грунтовые воды загрязнителей, содержащихся в сточных водах, приводит к изменению окислительно-восстановительной обстановки в ареале инфильтрации, что способствует повышению в воде концентраций сульфатов железа, кальция и магния за счет окисления содержащегося в породах тонкодисперсного пирита. Органические вещества, попадающие в водоносные горизонты из отходов, стимулируют интенсивный рост и активность микроорганизмов в водоносном горизонте, что приводит к еще большему ухудшению качества воды [7].

4.2. Виды загрязнения подземных вод (локальные и региональные)

По масштабу влияния на водоносные горизонты выделяются локальные и региональные загрязнения подземных вод.

Под *локальным* источником загрязнения (шламовые амбары) формируется ареал загрязнения подземных вод, формы и размер которого в плане, а также проникновение в глубину водоносного горизонта, зависят:

- 1) от интенсивности и характера поступления загрязнений (постоянное, периодическое);
- 2) от химического состава, плотности и вязкости инфильтрующихся загрязненных вод;
- 3) от гидрологических условий участка – литологического строения, гидрогеологических параметров зоны аэрации и водоносного горизонта, направления и скорости движения подземных вод;

4) от характера процессов физико-химического взаимодействия между загрязняющими компонентами, подземными водами и породами.

При многокомпонентном составе фильтрующихся загрязненных буровых сточных вод формируется сложный ареал загрязнения.

Под действием многочисленных локальных источников, совокупность которых обуславливает площадной характер загрязнения, оно становится *региональным*. Такое загрязнение характерно для крупных нефтегазовых месторождений, особенно с интенсивной сеткой разбуривания. Основным источником такого загрязнения подземных вод являются шламовые амбары с содержащимися в них производственно-технологическими отходами бурения и продуктами освоения скважин. Причиной загрязнения следует считать, прежде всего, некачественную гидроизоляцию дна стенок амбара, особенно сооружаемых в проницаемых породах [6].

4.3. Факторы естественной защищенности природных вод от поверхностного загрязнения

Подземные воды по сравнению с поверхностными в целом лучше защищены от загрязнения, так как водоносный горизонт перекрыт более или менее мощной толщей почвы и пород. Однако если покрывающая толща водопроницаема и имеет небольшую мощность, то инфильтрующиеся с поверхности загрязненные воды довольно быстро проникают в водоносный горизонт и загрязняют его. Только в том случае, когда над водоносным горизонтом залегают водонепроницаемые породы, они могут предохранить его от загрязнения.

Грунтовые воды, не перекрытые водоупорными породами, как правило, защищены значительно меньше, чем нижележащие горизонты напорных подземных вод, и обычно принимают основную часть инфильтрирующихся с поверхности загрязнений. Из грунтовых вод загрязнения могут проникать в более глубокие напорные и безнапорные горизонты с пониженными напорами – через литологические окна в водоупорах, при перетоке через слабопроницаемые отдельные горизонты, по заколонному пространству скважин вследствие их некачественного цементирования и т. д.

Степень естественной защищенности подземных вод от поверхностного загрязнения зависит от следующих факторов:

- 1) мощности, водопроницаемости и активной пористости покрывающих пород;
- 2) значений перепада уровней (напоров) между загрязненными и подземными водами рассматриваемого водоносного горизонта;

3) вида и химического состава загрязнений, интенсивности и характера их поступления в подземные воды;

4) физико-химических, в частности сорбционных свойств перекрывающих пород и загрязняющих веществ, определяющих возможность полного или частичного поглощения загрязнений.

Оценивая защитную способность глин и глинистых пород, залегающих над используемым водоносным горизонтом, следует учитывать, что в зоне аэрации глины часто обладают вертикальной макропористостью и повышенной водопроницаемостью из-за развития корневой системы растений и наличия трещин и макропор усыхания, вызванных усадкой при переменном увлажнении и осушении. По мере увеличения глубины залегания глинистых пород их пористость и водопроницаемость уменьшаются. На больших глубинах, в спокойных тектонических условиях, глинистые породы характеризуются очень малым коэффициентом фильтрации и, таким образом, практически водоупорны.

В силу разнообразия геолого-гидрогеологических условий, состава и структуры перекрывающих горных пород, а также специфики отдельных видов загрязнения существуют большие различия в степени естественной защищенности подземных вод.

Рассматривая вопросы охраны подземных вод от загрязнения в процессах бурения скважин, необходимо произвести оценку степени естественной их защищенности.

К *защищенным* относятся напорные и безнапорные межпластовые воды, имеющие сплошную водоупорную кровлю и не получающие питания из вышележащих грунтовых вод, рек и водоемов через разделяющие слои или гидрогеологические окна.

К *недостаточно защищенным* подземным водам относятся грунтовые воды, а также напорные и безнапорные межпластовые воды, которые в природных условиях получают питание из вышележащих подземных вод через разделяющие слои или гидрогеологические окна, из рек и водоемов при непосредственной гидравлической связи [7].

4.4. Особенности загрязнения подземных вод нефтью и нефтепродуктами

Наиболее опасными загрязнителями подпочвенных и подземных вод являются нефть и нефтепродукты. Нефть и большинство нефтепродуктов с водой не смешиваются, растворимость их относительно невелика. Например, для жидких парафинов и нафтеновых углеводородов она составляет 40–150 мг/л, что во много раз превышает ПДК.

В процессе вертикальной инфильтрации нефтепродукты заполняют всю зону аэрации и расплываются на поверхности грунтовых вод в виде нефтяного пятна. Растворенные углеводороды вместе с потоком подземных вод мигрируют в водоносном горизонте в направлении движения подземных вод. Пятно нефтепродуктов тоже может передвигаться, скорость его распространения обычно меньше скорости потока подземных вод и зависит от физических свойств нефтепродуктов (вязкость, плотность, поверхностное натяжение) и водовмещающих пород (гранулометрический состав, трещиноватость, проницаемость).

В водоносном горизонте в процессе анаэробных биохимических реакций происходит окисление нефтепродуктов, которое сопровождается развитием резко выраженной восстановительной обстановки. В этих условиях из воды исчезают растворенный кислород и нитраты и уменьшается содержание сульфатов, но появляются аммоний, сероводород, увеличивается содержание железа, марганца и свободной углекислоты.

Поступление со сточными водами органических веществ, применяемых в технологических циклах строительства скважин, также приводит к загрязнению подпочвенных и подземных вод. Такие загрязнители под действием микробиологического фактора почвенной среды подвергаются биодеструкции с образованием безвредных веществ. Главным агентом аэробной биodeградации органических загрязнителей является кислород, находящийся в подземных водах в растворенном состоянии, а в зоне аэрации – в газообразном состоянии. Роль катализаторов биохимических реакций выполняют ферменты, выделяемые микроорганизмами. В ходе биохимической деградации сложные органические вещества последовательно трансформируются в более простые соединения – жирные кислоты, спирты, альдегиды и др. На конечной стадии этот процесс может завершиться полной минерализацией с образованием нетоксичных веществ – воды, двуокиси углерода, нитратов, фосфатов, сульфатов.

К аэробным бактериям, участвующим в естественной биохимической очистке вод, относятся *серобактерии* и *теоновые бактерии* (окисляют сероводород, сульфиды и серу до серной кислоты), *железобактерии* (извлекают из воды железо и отлагают его в виде гидрогеля), *нитрифицирующие бактерии* (окисляют аммиак до нитратов и нитритов), *бактерии-аммонификаторы* (способствуют выделению аммиака из органических веществ при их разложении).

Масштабы и глубина естественной биохимической очистки вод зависят от состава и количества поступивших загрязнителей, а также от

состава пород и подземных вод, водопроницаемости пород, скорости фильтрации и других показателей гидрогеологической обстановки.

При большом количестве поступивших в грунтовые и подземные воды органических загрязнителей возникает дефицит кислорода, который был затрачен на аэробные превращения незначительной части органических веществ. В результате возникают анаэробные условия и рост анаэробных бактерий. Жизнедеятельность анаэробных бактерий сопровождается использованием не только растворенного кислорода, но и кислорода сульфатов и нитратов, в результате чего образуются сульфиды, сероводород, аммоний и метан, которые являются загрязнителями грунтовых и подземных вод [2], [15].

Техногенное воздействие сточных вод на грунтовые и подземные воды приводит к увеличению их минерализации и общей жесткости, что проявляется обычно в возрастании концентраций хлоридов и сульфатов кальция, натрия, магния. Ареалы миграции указанных загрязнителей довольно значительны, так как минеральные соли относятся к самым легкоподвижным веществам.

4.5. Мониторинг экологического состояния природных вод территории работ РУП «ПО «Белоруснефть»

Работы по мониторингу гидросферы на территории деятельности объединения ведутся БелНИПИнефть с 1991 г. Комплекс проведенных гидрогеохимических исследований позволил оценить экологическое состояние поверхностных и подземных вод исследуемого района. Анализ экологических последствий процессов бурения, обустройства и эксплуатации нефтяных месторождений показал, что основными индикаторами загрязнения поверхностных и неглубоко залегающих подземных вод является повышение их общей минерализации, концентрация хлоридов и нефтепродуктов [29].

Для проведения мониторинга создана режимная сеть, где наблюдения ведутся за поверхностными, грунтовыми и межпластовыми водами. В пробах определялись Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4 , Fe общ., HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , нефтепродукты, ХПК, pH, O_2 раств.

Основным критерием определения техногенной нагрузки на поверхностные воды явилось изменение их ионного состава относительно фона.

В отдельных случаях фоновый характер гидрокарбонатных кальциевых вод нарушается резким повышением содержания «антропогенных» ионов (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , K^+ , Na^+). Установлены участки, где воды характеризуются повышенной минерализацией и изменением гидрохимического состава в сторону преобладания Cl^- над HCO_3^- (р-н Ю. Осташковичского и Вишанского месторождений).

В пределах территории деятельности предприятий нефтяной промышленности Беларуси уже сейчас заметны отрицательные последствия техногенного воздействия на природную среду и, прежде всего, на пресные подземные воды как наиболее подвижный ее элемент. Качество подземных вод, особенно близко залегающих горизонтов, является универсальным, интегральным показателем, чутко реагирующим на изменения, вызванные хозяйственной деятельностью человека.

Исследования грунтовых вод, расположенных в пределах нефтеносных площадей, показали, что в 60 % случаев грунтовые воды не удовлетворяют требованиям ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая». Основными загрязняющими компонентами в них являются нитраты, нитриты, ионы аммония. Высокое содержание нефтепродуктов встречается в 17 % колодцев.

Работы по мониторингу водной среды территории работ РУП «ПО «Белоруснефть» показали, что выявляемые водорастворенные нефтепродукты характеризуются контрастными по отношению к предельно допустимым концентрациям количествами, локальным распространением и непродолжительностью существования. Был сделан вывод, что основной показатель загрязнения природных вод нефтепродуктами выражается не столько их концентрацией, сколько их частотой встречаемости в контролируемых водопунктах.

Одной из причин загрязнения природных вод нефтепродуктами являются аварийные разливы нефти на внутрипромысловых трубопроводных системах, по которым перекачиваются водонефтяные эмульсии, пластовые и сточные воды. Так, на трубопроводах РУП «ПО «Белоруснефть» происходит около 240 порывов в год, из них более половины приходится на нефтепроводы. Из других технологических процессов, приводящих к загрязнению природных вод, самым экологически опасным является строительство и испытание скважин на нефть. Признаки загрязнения могут прослеживаться в течение более чем 10 лет.

Пресные воды, особенно грунтовые, в нефтедобывающих районах Беларуси могут испытывать интенсивное техногенное загрязнение, которое обычно носит *локальный* характер. Основной задачей в области охраны подземных вод является разработка мероприятий, направленных на предотвращение попадания загрязняющих компонентов в подземные воды. К ним относятся:

- 1) строительство шламовых амбаров с надежной гидроизоляцией дна и стенок;
- 2) своевременная их рекультивация;
- 3) переход на безамбарную или малоотходную технологию бурения.

ТЕМА 5. НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ СВОЙСТВ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основными объектами природной среды, которые подвержены загрязнению отходами бурения, являются почвогрунты и водные системы. Номенклатура показателей состава и загрязняющих свойств отходов бурения должна отражать механизмы возможного повреждения (загрязнения) таких природных объектов. В соответствии с этим определены показатели загрязняющих свойств отходов бурения для почвогрунтов и водных экосистем. Отрицательным воздействием на почвогрунты обладают следующие ингредиенты отходов бурения: нефть и нефтепродукты, трудноокисляемая органика, тяжелые металлы, минеральные соли. В составе минеральных солей необходимо индивидуально выделить ионы натрия, калия, хрома, гидрокарбонаты, хлориды и сульфаты как наиболее токсичные для почвогрунтов солевые компоненты. На рост растений и жизнедеятельность микроорганизмов влияет показатель среды рН. Отклонение значений рН от оптимального для почв различных типов вызывает изменение соотношения органической и минеральной частей, направленности и скорости протекающих в почве химических и биологических процессов.

Для водных экосистем, в частности для гидробионтов, наибольшую опасность, кроме нефти и нефтепродуктов, представляют взвешенные частицы (баритовый утяжелитель, известь и др.) и коллоидные частицы минеральной и органической природы. Они вызывают токсический эффект с функциональным повреждением флоры и фауны. На физические параметры водных объектов значительное влияние оказывают коллоидные вещества минеральной и органической природы, трудно- и легкоокисляемая органика, а также растворимые минеральные соли, а также фосфор, сера, азот.

Осуществляя утилизацию отходов бурения, используют номенклатуру показателей свойств и состава этих отходов. Характеристика качества БСВ определяется следующими показателями: химическое и биохимическое потребление кислорода, общая жесткость и щелочность, содержание аммонийного азота, фосфора, кальция, тяжелых металлов. Используя сточные воды в системе заводнения нефтяных пластов, дополнительно определяют содержание сероводорода и железа.

Номенклатура основных показателей состава и загрязняющих свойств отходов бурения и необходимость их определения приведена в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Номенклатура показателей состава и свойств отходов бурения

Показатель	Буровые сточные воды			Отработанный буровой раствор	Буровой шлам
	системы оборотного водоснабжения	системы ППД	системы сброса на рельеф местности		
Плотность	–	–	–	+	+
Активность ионов водорода (рН)	+	+	+	+	+
Химическое потребление кислорода (ХПК)	+	–	+	+	–
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	–	–	+	–	–
Растворенный кислород (РК)	–	+	–	–	–
Фазовый состав					
В том числе:					
твердой фазы	–	–	–	+	+
жидкой фазы	–	–	–	+	+
нефти и нефтепродуктов	–	–	–	+	+
Содержание нефтепродуктов (НП)	+	+	+	+	+
Содержание растворенных органических и неорганических веществ (сухой остаток – СО)	+	+	+	–	–
Содержание растворенных неорганических веществ (прокаленный остаток – ПО)	+	+	+	–	–
Содержание взвешенных веществ (ВВ)	+	+	+	–	–
Жесткость (Ж)	+	+	+	+	+
Щелочность (Щ)	+	+	+	+	+
Содержание ионов:					
Ca ²⁺	+	+	+	+	+
Mg ²⁺	+	+	+	+	+
Fe _{общ}	+	+	+	+	+

Показатель	Буровые сточные воды			Отработанный буровой раствор	Буровой шлам
	системы оборотного водоснабжения	системы ППД	системы сброса на рельеф местности		
Sn^{2+}	–	–	+	+	+
Pb^{2+}	–	–	+	+	+
Cr^{3+}	–	–	+	+	+
Ba^{2+}	–	–	+	+	+
Na^+, K^+	–	–	+	+	+
Cl^-	+	+	+	+	+
SO_4^{2-}	+	+	+	+	+
Содержание азота аммиачного	–	–	+	–	–
Содержание P_2O_5	–	–	+	–	–
Содержание H_2S	–	+	–	–	–

5.1. Методы и техника анализа загрязнителей органической природы

Большое количество и разнообразие органических веществ, содержащихся в сточных водах, затрудняет возможность определения каждого из них в отдельности. Существуют современные методы определения индивидуальных органических соединений: газожидкостная хроматография, газовая хроматография, методы ультрафиолетовой абсорбции, атомно-абсорбционной спектроскопии, тонкослойной хроматографии и др. Для определения общесанитарного показателя в сточных водах вредных органических соединений используют общие показатели качества воды: биохимическое и химическое потребление кислорода и содержание общего органического углерода [17].

5.1.1. Химическое потребление кислорода

В зависимости от степени загрязнения жидкие отходы бурения содержат большие количества легкоокисляющихся веществ в основном органического происхождения, определение каждого органического вещества весьма затруднительно, поэтому их содержание исследуют косвенным путем – методом окисления. Количество кислорода,

эквивалентное расходу окислителя, характеризует значение окисляемости. Если устранить влияние мешающих неорганических примесей (закисного железа, нитратов, сероводорода), то результаты определения окисляемости дают косвенное представление о содержании в пробе органических веществ. В зависимости от применяемого окислителя различают окисляемости *перманганатную* и *бихроматную*.

Перманганатный метод, ранее широко применявшийся, совершенно не пригоден для анализа сильно загрязненных стоков, к которым относятся буровые растворы и буровые сточные воды. Это объясняется тем, что перманганат калия – недостаточно сильный окислитель, и органические вещества окисляются не полностью.

Унифицированным является определение химического потребления кислорода (ХПК) с использованием бихромата калия. Этот окислитель совместно с катализатором – серноокислым серебром – окисляет практически все органические соединения. Получаемое при этом значение ХПК составляет 95–98 % от ХПК теоретического.

5.1.2. Биохимическое потребление кислорода

Под *биохимическим потреблением кислорода* (БПК) понимается количество кислорода, необходимое для окисления органических веществ, находящихся в 1 л сточной воды, при биологических процессах в аэробных условиях. Биохимическое окисление различных органических веществ происходит с разной скоростью. К *легкоокисляемым* биологически мягким веществам относятся фенол, фурфурол и др. К *медленно разрушающимся* биологически жестким веществам относится сульфано́л.

Показатель БПК (биохимического потребления кислорода, растворенного в воде), является показателем интенсивности аэробного окисления органических веществ и соответственно степени очистки сточных вод. Так, в чистых районах моря или чистых водоемах БПК не превышает 2–5 мг O₂/л. В загрязненных водах БПК может достигать 50 мг O₂/л.

Процесс разрушения органических веществ-загрязнителей, его первая фаза минерализации хорошо контролируется показателем БПК, который определяется через определенные временные интервалы, например, через 5, 10, 20 суток. Соответственно этому для контроля за динамикой процесса минерализации употребляют такие показатели, как БПК₅, БПК₁₀, БПК₂₀. Для оценки качества природных вод или степени очистки воды от органических загрязнителей применяют также показатель ХПК.

Показатели БПК являются основными критериями качества воды хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Согласно «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами» вода водоемов и водотоков первой категории водопользования (для хозяйственно-питьевого водоснабжения) должна иметь БПК при 20 °С не выше 3 мг О₂/л. Вода водоемов второй категории водопользования (для спорта, купания и отдыха в черте населенных пунктов) должна иметь БПК не выше 6 мг О₂/л. Вода объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, должна иметь БПК не более 3 мг О₂/л.

5.1.3. Общий органический углерод

Определение общего содержания органических веществ по окисляемости часто дополняется определением общего органического углерода (ООУ). Наиболее часто в настоящее время применяются методы определения ООУ по принципу деструкции органических веществ. Результаты определения выражают не в количестве кислорода, необходимого для окисления органических веществ, а непосредственно в содержании углерода. Окисление обычно идет до выделения СО₂ или СН₄, которые определяются ИК-спектрометрами и другими современными анализаторами. Однако уровень оснащённости аналитических лабораторий отрасли не позволяет применять определение ООУ для оценки содержания органических веществ в отходах бурения. Следует отдавать предпочтение показателю БПК, тем более что значения БПК, полученные бихроматным методом, хорошо коррелируют с данными определения ООУ.

5.1.4. Нефть и нефтепродукты

В понятие «нефтепродукты» входят неполярные и малополярные соединения, экстрагируемые н-гексаном (или петролейным эфиром). Это ограничивает понятие «нефтепродукты» углеводородами (алифатическими, алициклическими, ароматическими), являющимися основной составной частью нефти. Нафтеновые кислоты и фенолы в результате определения не входят в это понятие и устанавливаются отдельно.

Наиболее распространенным, хотя и трудоемким методом определения НП, является весовой метод, признанный арбитражным. Сущность его сводится к экстракции нефтепродуктов хлороформом или четыреххлористым углеродом, отгонке растворителя, последующему растворению остатка в гексане и гравиметрическому определению растворенных в гексане веществ. Диапазон измерения НП составляет от

0,3 до 3 мг/л. Для анализируемых проб, содержащих менее 0,3 мг/л нефтепродуктов, определение ведется с использованием газожидкостной хроматографии, основанной на экстракции нефтепродуктов из сточных вод растворителем (н-гексаном, пентаном, четыреххлористым углеродом) и последующем газохроматографическом исследовании. Этим методом можно определять суммарное содержание, а также типы нефтепродуктов в сточных водах.

На современных хроматографах хроматограмма записывается в виде сигнала детектора, который пропорционален концентрации определяемого компонента от времени. Если невозможно идентифицировать пики нормальных парафинов, то готовят синтетическую смесь известных н-парафинов. Затем вводят раствор этой смеси и хроматографируют ее. Сравнением обеих хроматограмм точно устанавливают принадлежность тех или иных пиков к нормальным парафинам. Для количественного определения содержания любого нефтепродукта используют метод градуировочного графика, т. е. получают хроматограмму заданного нефтепродукта точно известной концентрации. Сравнением площадей пиков определяемого компонента и сравнительного нефтепродукта находят количественное содержание нефтепродукта в пробе. Детальное описание арбитражного ГЖХ-метода приведено для того, чтобы показать необходимость работы высококвалифицированных специалистов на хроматографах. Тогда выявятся все достоинства этого метода: высокая чувствительность, скорость и точность определений нефтепродуктов.

5.2. Методы и техника анализа загрязнителей неорганической природы

5.2.1. Хлориды

Для анализа стоков с небольшим содержанием хлорид-ионов (1,0–1,5 мг/л) служит нефелометрический метод определения, основанный на образовании хлорида серебра и последующем визуальном сравнении мутности пробы с мутностью эталонов стандартной шкалы. Если концентрация хлоридов меньше 3 мг/л, более точным и чувствительным оказывается фотометрический метод. Для определения хлоридов в стоках бурения, содержащих иногда более 13,0 мг/л ионов хлора, наиболее применимы аргентометрический и ионометрический методы. При наличии в лабораториях ионоселективных электродов возможно применение метода прямой ионометрии для определения фторидов, иодидов и хлоридов в пробах. Сущность метода заключает-

ся в определении разности потенциалов хлоридного ион-селективного и вспомогательного электродов, значение которой зависит от концентрации иона хлорида в растворе. В качестве вспомогательного используют насыщенный хлорсеребряный электрод. Метод хорошо отработан для определения иона хлорида в водной вытяжке почвы и может с успехом применяться для анализа водной вытяжки шлама и сильно загрязненного органическими веществами бурового раствора.

5.2.2. Сульфаты

Необходимость разработки надежных и простых методов определения сульфатов обусловлена тем, что они являются важнейшими компонентами большинства природных и техногенных объектов. Методы определения сульфатов в водных средах сводятся к осаждению – иона раствором хлористого бария в кислой среде в виде малорастворимого сернокислого бария. В зависимости от способа количественного определения полученного осадка существуют следующие методы: титриметрический и гравиметрический.

Фотоколориметрический метод определения сульфатов позволяет определять от 2 до 2000 мг/л сульфатов в природных и сточных водах, а также почвенных вытяжках.

5.2.3. Щелочность

Данный показатель – один из наиболее важных для определения загрязняющих свойств отходов бурения. *Щелочностью* называют содержание в водных растворах веществ, вступающих в реакцию с сильными кислотами, т. е. с ионами водорода. К таким веществам относят сильные основания, диссоциирующие в разбавленных растворах с образованием гидроксид-ионов (NaOH, KOH и т. д.); слабые основания (аммиак, пиридин и т. д.) и анионы слабых кислот (HCO_3^- , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} и т. д.). В практике анализа состава БСВ принята единственная методика определения щелочности – титрование пробы сильной кислотой в присутствии двух индикаторов.

5.2.4. Натрий и калий

Определение ионов натрия и калия производится с помощью пламефотометрического метода, который является разновидностью эмиссионного спектрального анализа и основан на изменении интенсивности излучения атомов, возбужденных в пламени. Вследствие возбуждения изменяется окраска пламени солями натрия и калия. Количественный

анализ основан на прямой зависимости сигнала эмиссии от концентрации определяемого элемента. Для проведения анализа применяют пламенный фотометр. Широкое применение в санитарно-химическом анализе объектов окружающей среды находит полярографический метод. Полярографированию поддаются практически все катионы металлов, многие анионы, неорганические и органические вещества, способные к электрохимическому окислению или восстановлению. Из всех применяемых методов определения калия наилучшим во всех отношениях является метод пламенно-эмиссионной спектрометрии.

5.2.5. Кальций

Соли кальция – постоянная составная часть поверхностных, грунтовых и сточных вод различных производств. Определение кальция методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) основано на поглощении УФ или видимого излучения атомами газа. Чтобы перевести пробу в газообразное состояние, ее вспыскивают в пламя. В принципе ААС подобна обычной спектрофотометрии, аналогична и используемая в обоих методах аппаратура. Излучение пропускают через анализируемую пробу, которая частично ее поглощает, а пропущенный свет проходит через монохроматор и попадает на фотодетектор – регистрирующее устройство, отмечающее количество пропущенного или поглощенного света. Различие этих методов в источнике света и в кювете для пробы.

Наиболее распространен комплексометрический метод определения кальция в пробе, в которой присутствуют соли магния.

5.2.6. Магний

Природные воды содержат обычно меньше соединений магния, чем кальция, чего нельзя сказать о сточных водах, в которых возможно как присутствие соединений обоих металлов в любых соотношениях, так и наличие только одних соединений магния.

Для питьевых, подземных и поверхностных вод согласно ГОСТ 4151–72 определяется общая жесткость. Это определение проводится комплексометрическим методом. Он основан на связывании ионов кальция и магния в комплексные соединения, сопровождающемся изменением окраски индикатора. Зная общую жесткость исследуемой пробы и содержание в ней кальция, содержание магния определяют по разности значений общей и кальциевой жесткости.

5.2.7. Алюминий

В природных водах алюминий находится только в малых концентрациях, которые, как правило, не превышают десятых долей миллиграмма на 1 л воды, ему обычно сопутствует железо. Соли алюминия в воде гидролизуются и выпадают в виде осадка гидроокиси. Содержание алюминия определяют в водах, которые подвергались очистке с применением алюминиевой соли, а также контролю работы станций водоподготовки. В сточных водах алюминий определяют только тогда, когда он является основной частью примесей. Для определения алюминия, находящегося в растворе, используется атомно-абсорбционный и фотометрический методы.

5.2.8. Хром

Хроматы и бихроматы щелочных металлов используют в качестве термостабилизирующей и ингибирующей добавок для сохранения подвижности буровых растворов при высоких забойных температурах. Хотя добавки их не превышают десятых долей процента, оценивать содержание токсичного хрома в отходах бурения в некоторых случаях будет необходимо. Общее содержание хрома в пробе может быть определено с помощью титриметрического метода с сульфатом железа и колориметрическим методом [2], [6], [17].

Учитывая требования контролирующих природоохранных органов к проведению физико-химических анализов БСВ, ОБР и БШ, наиболее эффективными и надежными методами, обеспечивающими необходимую информацию о степени токсичности загрязняющих веществ, являются следующие: весовой и ИК-спектрометрический для определения нефти и нефтепродуктов; титриметрические и фотоэлектроколориметрические для определения анионного состава стоков; пламенно-эмиссионный и атомно-абсорбционный для определения катионов. На такие методы должны ориентироваться производственные службы предприятий нефтегазовой промышленности, а также проектные институты отрасли и лаборатории охраны окружающей среды [15], [23].

ТЕМА 6. ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН

Интенсивный рост объемов буровых работ в настоящее время наиболее остро проявляется в загрязнении окружающей среды производственно-технологическими отходами бурения. Причины прогрессирующего ухудшения качества окружающей среды в районах ведения буровых работ заключаются в следующем:

- размещение в объектах природной среды отходов бурения уже давно превысило пороговую ассимилирующую способность этой среды;
- интенсивная эксплуатация природных ресурсов практически подавила способность этой среды к самовозобновлению.

Обеспечение охраны окружающей среды при строительстве скважин в настоящее время возможно двумя путями:

- 1) совершенствованием основных технологических процессов в направлении повышения уровня их экологичности;
- 2) созданием специальных технологий утилизации отходов бурения и нейтрализации их вредного воздействия при сбросе в объекты окружающей среды.

Наибольшую опасность для окружающей среды представляют жидкие отходы бурения (главным образом БСВ), так как они являются самыми подвижными и наиболее загрязненными отходами. Система обезвреживания БСВ представляет собой трудоемкую, энергоемкую и дорогостоящую технологию. Полная утилизация более концентрированных суспензий – отработанных буровых растворов или шламовых отходов путем регенерации и извлечения из них ценных компонентов (утяжелителя, глинопорошка, отдельных химреагентов и т. д.) в промышленных условиях в настоящее время также экономически невыгодна из-за сложности и громоздкости технологических процессов. Буровые же установки на сегодняшний день специальной техникой не оснащены для решения указанных задач. Поэтому необходимо пересмотреть не только сложившееся положение с переработкой и обезвреживанием отходов, но и всю концепцию буровых работ с позиций экологии.

В связи с этим на повестку дня поставлен вопрос разработки экологически безопасной малоотходной ресурсосберегающей технологии бурения скважин, предусматривающей очистку, обезвреживание и максимально возможную утилизацию отходов бурения.

6.1. Вопросы разработки экологически безопасных технологий бурения скважин

Решение вопроса разработки экологически безопасных технологий бурения скважин невозможно без перехода на замкнутый цикл водообеспечения буровой. Как известно, процесс бурения – интенсивно водопотребляемый технологический цикл. Поэтому одним из основных требований к технологии бурения должно стать требование обязательного введения оборотного водоснабжения буровой.

Водопотребление – это расход воды по целевому назначению для различных технологических нужд процесса бурения. Вследствие многообразия природно-климатических условий и особенностей технологии бурения скважин единых и универсальных правил разработки замкнутых и бессточных систем водообеспечения буровой не имеется. Можно привести наиболее общие правила, являющиеся характерными для бурения.

Проектирование системы оборотного водоснабжения буровой начинается с составления схемы водопотребления и водоотведения с указанием качественной и количественной характеристик воды в каждой технологической операции. Проектирование системы оборотного водоснабжения должно проходить строго с основной технологией. Для этого следует разработать:

- рациональную научно обоснованную схему использования технической воды с учетом требований к качеству воды во всех технологических операциях;
- рациональную систему канализации БСВ;
- локально замкнутую систему технического водоснабжения буровой;
- рациональную технологию очистки буровых сточных вод с учетом возможности безопасного сброса в объекты природной среды, откачки в нефтепромысловый коллектор для использования в системе поддержания пластового давления или закачки в поглощающие горизонты на захоронение.

Образующиеся при очистке БСВ осадки следует максимально утилизировать или обезвреживать.

После разработки схемы водопотребления и водоотведения должна производиться оценка качества БСВ как по концентрационному признаку, так и характеру загрязнения, что является основой выбора необходимого метода и технологии очистки сточных вод с учетом утилизации и сброса очищенных сточных вод.

Современный уровень развития науки и техники теоретически позволяет создать бессточные замкнутые системы оборотного водо-

снабжения буровой, однако для этого требуются значительные капитальные вложения, соизмеримые со стоимостью основного процесса бурения. В этом случае экономико-технологическая целесообразность диктует необходимость перехода на частично замкнутый процесс водоснабжения буровой. Однако, проектируя системы оборотного водоснабжения буровой, необходимо учитывать возможные негативные последствия перехода на замкнутый цикл, такие как ухудшение качества технологических операций, усиление коррозии оборудования и т. д. Поэтому необходимо предусматривать соответствующие мероприятия по предотвращению этих последствий.

Принципиальная схема водообеспечения буровой, обеспечивающая решение природоохранных задач, должна включать следующие технологические блоки:

- инженерную систему канализации стоков и их отвод в места организованного сбора;
- блок очистки БСВ;
- блок накопления очищенных стоков;
- водораспределительную емкость для направления технической воды на точки водопользования с целью вовлечения ее в водооборот.

В настоящее время на практике в технологических схемах водообеспечения буровой реализуются три из перечисленных выше блоков, кроме блока очистки БСВ. Основой рационального водоиспользования является глубокая очистка БСВ, которая, как правило, технологическими схемами не предусматривается из-за отсутствия научно обоснованных технологических решений ее осуществления [6].

К одной из актуальных проблем природоохранных технологий в бурении можно отнести – максимальную утилизацию отработанных буровых растворов и шлама. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что утилизация и переработка отходов – это не только радикальные средства предотвращения загрязнения окружающей среды, но и решение проблемы рационального природопользования [8], [9], [18], [25], [28].

Основополагающими принципами концепции малоотходной технологии строительства скважин применительно к полужидким и твердым отходам бурения, т. е. ОБР и шламу, являются:

- создание и внедрение технологических процессов комплексной переработки отходов с получением товарной продукции с соответствующими потребительскими свойствами;
- создание и внедрение принципиально новых технологических процессов с образованием минимально возможных объемов отходов бурения.

Остающиеся после утилизации отходов бурения остатки должны быть обезврежены и захоронены.

Одним из показателей эффективности утилизации отходов бурения можно принять по аналогии с другими отраслями народного хозяйства показатель «коэффициент утилизации» (КУ), представляющий собой отношение объемов утилизации отходов к общему объему образующихся отходов. Как показывают расчеты, общие объемы ежегодно образующихся только в Западной Сибири 6,2 млн т отходов в виде ОБР и бурового шлама утилизируются немногим более 4,6 тыс. т указанных отходов, т. е. коэффициент утилизации составляет 0,0007. Причем основным направлением утилизации является повторное использование буровых растворов для проводки новых скважин. Другие направления утилизации, например, использование ОБР и шлама в качестве вторичных сырьевых ресурсов в производстве изделий грубой строительной керамики, еще широкого распространения не получили из-за отсутствия как научных разработок, так и готовых инженерных решений.

Расчеты показывают, что повышение КУ до 0,2–0,25 позволит снизить расходы буровых предприятий на ликвидацию шламовых амбаров и повысить уровень экологичности буровых работ [6].

6.2. Подготовка и использование буровых сточных вод для заводнения нефтяных пластов

Отечественные нефтяные месторождения разрабатываются в основном с поддержанием пластового давления закачкой воды в продуктивные горизонты. Суть этого метода заключается в том, что в продуктивные горизонты нагнетается вода в расчетных объемах и, таким образом, энергия пласта, потраченная на подъем жидкости из скважин, либо полностью компенсируется, либо поддерживается на оптимальном уровне. Таким образом, продлевается период фонтанной эксплуатации скважин и улучшаются многие показатели разработки нефтяных месторождений.

В процессе добычи нефти основным источником загрязнения окружающей среды и главным образом водной среды служат высокоминерализованные сточные воды нефтепромыслов, включающие пластовые воды, извлекаемые на поверхность вместе с нефтью и промливневые стоки с территории технологических установок, причем пластовые воды составляют до 80–95 % общего объема сточных вод.

Для различных пластовых вод минерализация (суммарное содержание в воде растворенных солей и коллоидов) изменяется в пределах

от 1 до 50 г/л. Концентрация нефтепродуктов в сточных водах нефтепромыслов колеблется от 15 до 10000 мг/л и зависит от технологии подготовки нефти, конструктивных особенностей оборудования, применяемых химреагентов и т. д. Помимо минеральных солей и нефти, сточные и пластовые воды загрязняются механическими примесями, причем основная их часть образуется в результате нарушения солевого равновесия, коррозии металлов и процессов окисления. Специальная подготовка сточных и пластовых вод – технологически сложный процесс. В то же время использование этих вод в системе заводнения позволяет в определенной степени решить одну из острейших проблем в нефтяной промышленности, а именно – рациональное использование водных ресурсов и охрану водной среды.

6.3. Использование водных ресурсов в нефтяной промышленности

Многочисленными исследованиями установлено, что сточные воды нефтяных промыслов обладают более высокой нефтевытесняющей способностью по сравнению с пресными водами. Это объясняется их большей минерализацией и наличием в них ПАВ, попадающих в воду после деэмульсации нефти. Кроме того, сточные воды обладают значительно большей вязкостью по сравнению с пресными водами и тем самым обеспечивают лучший охват пласта заводнением.

В нефтедобывающих районах значительная часть пластовых и промышленных сточных вод после предварительной очистки закачивается в пласты с целью поддержания пластового давления (ППД). Оставшаяся часть недостаточно очищенных вод закачивается в специальные поглощающие скважины, пласты которых не имеют связи с подземными водами, или сбрасываются на поля испарения (пруды-испарители, земляные амбары и др.). Наибольший объем использования сточных вод в системе заводнения пластов приходится на нефтедобывающие районы Урало-Поволжья (Башкирию, Татарию и др.) и Западной Сибири [7], [8], [20].

Использование водных ресурсов в нефтяной промышленности происходит по следующим направлениям:

– бурение эксплуатационных и разведочных скважин производится в основном турбинным способом. В процессе бурения вода расходуется на приготовление промывочной жидкости химических реагентов, цементного раствора, пара для обогрева буровой, мытье оборудования и рабочих площадок и др.

– разработка нефтяных месторождений (на первом этапе) осуществляется с законтурным или внутриконтурным заводнением нефтяных пластов с использованием подземных и поверхностных вод. По мере эксплуатации залежи и появления попутных вод подземные и поверхностные воды замещаются сточными и пластовыми водами;

– при добыче, сборе и транспорте нефти. При фонтанном и механизированном способах добычи нефти вода используется для поддержания пластового давления. В подземном и капитальном ремонтах вода расходуется на промывку песчаных пробок, заполнение колонны водой для проверки на герметичность, перфорацию, глушение фонтанных скважин, обработку призабойной зоны химическими, механическими и тепловыми методами, охлаждение рабочих органов машин при компрессорной эксплуатации. При сборе и транспорте нефти вода расходуется главным образом на промывку и пропарку резервуаров товарных парков, мерных емкостей и др.;

– при промысловой подготовке нефти.

Подготовка нефти осуществляется на комплексных установках по обезвоживанию, обессоливанию и стабилизации нефти. Вода расходуется на следующие нужды:

– на приготовление растворов деэмульгаторов, производство пара для питания котлов и обслуживания установки;

– на вымывание остаточных солей, содержащихся в нефти;

– на охлаждение ректификационных колонн и приготовление раствора щелочи для очистки от сернистых соединений;

– в автотранспортном хозяйстве.

Источником водоснабжения служат специальные водозаборные скважины или водопроводные сети.

ТЕМА 7. ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ И УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

7.1. Характеристика состава и загрязняющих свойств буровых сточных вод

Возможность и эффективность очистки БСВ определяются составом и свойствами этих вод. Буровые сточные воды представляют собой устойчивую коллоидно-дисперсную систему, стабилизированную химическими реагентами, используемыми для обработки буровых растворов. В своем составе они содержат различные минеральные и органические вещества, представленные глиной, утяжелителем (баритом, гематитом), нефтью и нефтепродуктами, химическими реагентами различной природы, растворенными солями и другими соединениями. Эти вещества в БСВ находятся в коллоидно-дисперсном и растворенном состояниях. Дисперсный состав обуславливается в основном минеральной составляющей БСВ. Минеральная часть включает в себя диспергированные частицы глины, утяжелителя и выбуренной породы. Причем на долю глинистых частиц, попадающих в БСВ вместе с буровым раствором, приходится до 70 % общего объема нерастворимых взвесей. Грубодисперсные частицы в составе БСВ практически отсутствуют, так как они быстро осаждаются. Знание характера распределения взвешенных частиц позволяет обоснованно подходить к выбору эффективной очистки сточных вод.

Состав и свойства БСВ характеризуются комплексом показателей, принятых в водоподготовке. Основными загрязнителями сточных вод являются взвешенные вещества, нефть и нефтепродукты, органические соединения и растворимые минеральные соли [6].

Взвешенные вещества (ВВ) в составе БСВ представлены глиной, находящейся в коллоидно-дисперсном состоянии, частицами утяжелителя, высокомолекулярными соединениями, трудно- или нерастворимыми минеральными солями, а также мелкодисперсными частицами выбуренной породы различного генезиса.

Нефть и нефтепродукты содержатся в БСВ в растворенном, эмульгированном и пленочном состоянии. Наиболее трудноудаляемой является растворенная и эмульгированная нефть и ее производные. Поэтому при оценке загрязненности стоков нефтью и нефтепродуктами обычно принято называть содержание в ней именно эмульгированной и растворенной частей. Содержание нефти и нефтепродуктов в сточной воде зависит от многих факторов и определяется в первую очередь наличием в ней ПАВ, чем выше концентрация ПАВ, тем больше и содержание растворенной и эмульгированной нефти.

Наиболее трудноудаляемым загрязняющим компонентом БСВ является органика, представленная широкой гаммой химических реагентов, используемых в бурении. Подавляющая часть таких веществ является структурообразующей органикой, обладающей выраженным стабилизирующим эффектом, что в сочетании с коллоидной составляющей минеральной части взвешенных веществ (глинистая фракция) придает БСВ повышенную агрегатную устойчивость. Такие стабилизированные коллоидно-дисперсные системы становятся малочувствительными к физико-химическому воздействию и для их дестабилизации требуются значительные энергетические затраты. Количественное содержание органики оценивается по показателю ХПК, определяемого методом бихроматной или перманганатной окисляемости.

Растворимые примеси в составе БСВ представлены преимущественно минеральными солями и некоторыми органическими соединениями. В сточных водах содержатся, как правило, хлориды, сульфаты и гидрокарбонаты натрия, калия, кальция и магния. Содержание растворимых примесей на практике оценивается по показателю «сухой остаток». Содержание растворимых минеральных солей оценивается показателем «прокаленный остаток». Для полной характеристики растворимых минеральных соединений определяется шестикомпонентный ионный состав – катионы кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}) и натрия с калием (Na^+ , K^+) и анионы хлора (Cl^-), сульфат-ионы (SO_4^{2-}) и гидрокарбонат-ионы (HCO_3^-). Кроме того, к основным характеристикам состава и свойств БСВ относятся жесткость (Ж), щелочность (Щ) и водородный показатель pH.

Понятие *жесткости* вод любого генезиса определяется ионами кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}), а также других щелочноземельных металлов, которые присутствуют во всех минерализованных водах. Все двухвалентные катионы: (Ca^{2+}), (Mg^{2+}), (Sr^{2+}), (Fe^{2+}), (Mn^{2+}) в той или иной степени влияют на жесткость. Они взаимодействуют с анионами: (HCO_3^-), (SO_4^{2-}), (Cl^-), (NO_3^-), (SiO_3^{2-}), образуя соединения (соли жесткости), способные выпадать в осадок. Одновалентные катионы (например, натрий Na^+) таким свойством не обладают. Различают следующие виды жесткости:

– *общая жесткость* – определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния и представляет собой сумму карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости;

– *карбонатная жесткость* – обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при $\text{pH} > 8,3$) кальция и магния, устраняется при кипячении воды и поэтому называется временной;

– некарбонатная жесткость – вызывается присутствием кальциевых и магниевых солей сильных кислот (серной, азотной, соляной) и при кипячении не устраняется, эта жесткость еще называется *постоянной жесткостью*.

Состав и свойства БСВ изменяются в значительных пределах, как на разных буровых, так и при бурении одной и той же скважины, а также при проведении отдельных технологических операций. Изучение гидрохимического состава БСВ различных районов бурения позволило установить для них наиболее распространенные гидрохимические показатели: рН – 7,6–8,6; содержание взвешенных веществ – 3200–8000 мг/л; НП – 80–240 мг/л; ХПК – 1500–3750 мг/л; сухой остаток (СО) – 3000–8000 мг/л. Характеристика состава и свойств буровых сточных вод представлена в табл. 7.1. Для сточных вод такого состава и должны быть ориентированы разработки технико-технологических решений по их очистке.

Таблица 7.1

Характеристика состава и свойств буровых сточных вод

Показатели качества воды	Диапазон значений показателя	Наиболее часто встречающиеся значения
рН	7,2–12,4	7,6–8,6
Взвешенные вещества	2500–28000	3200–8000
ХПК, мг/л	1200–10200	1000–3750
БПК ₅ , мг/л	1800–7200	2200–3000
Нефть и нефтепродукты, мг/л	25–1100	80–240
Сухой остаток, мг/л	2500–35000	3000–8000
Прокаленный остаток, мг/л	900–26500	2800–7000
Щелочность, мг – экв/л	10–40	20–32
Содержание ионов, мг/л:		
Кальция	120–2500	400–1000
Магния	20–300	120–200
Натрия	200–15000	800–8000
Калия	100–12500	170–3700
Сульфатов	200–2900	700–1500
Карбонатов и гидрокарбонатов	300–8000	250–500
Хлоридов	270–19000	800–12000
Железа	5–75	20–35

Кроме того, для БСВ характерно значительное содержание плавающей нефти, толщина пленки или слоя которой на водной поверхности шламовых амбаров может достигать до 10–12 см. Таким образом, исследование состава и свойств БСВ свидетельствует о высоком уровне их загрязненности во всех нефтедобывающих регионах страны.

7.2. Классификация буровых сточных вод

Большое разнообразие состава и физико-химических свойств БСВ вызывает необходимость их строгой научной классификации, так как выделение типов воды облегчает оценку ее технических и ирригационных свойств и качеств, оказывающих отрицательное влияние на объекты гидросферы и литосферы, а также на выбор эффективных методов очистки. Исходя из того, что в буровых сточных водах содержится значительное количество органики, взвешенных веществ минеральной и органической природы, растворенной и эмульгированной нефти и ее производных, а также растворимых минеральных солей, целесообразно использовать в качестве основных классификационных признаков такие показатели, как химическое потребление кислорода, биохимическое потребление кислорода, содержание взвешенных веществ (ВВ), содержание нефти и нефтепродуктов, показатель «сухой остаток» и показатель «прокаленный остаток», а также рН.

Следует отметить, что опыта классификации буровых сточных вод в отечественной и мировой практике не имеется. Классификация природных вод может быть осуществлена по уровню минерализации, компонентному солевому составу и соотношению между ними. Так, по степени минерализации природные воды в соответствии с ГОСТ 17403–72 делятся на пресные, солоноватые, соленые и рассолы с минерализацией соответственно до 1; от 1 до 25; от 25 до 50 и свыше 50 г/л. Буровые сточные воды хотя и не являются природными, однако с точки зрения энергетических затрат на их деминерализацию представляется целесообразным группу солоноватых вод, к которым они относятся, условно разделить на подгруппы со следующей минерализацией, мг/л: 1000–3000; 3000–5000; более 5000. Это обосновывается тем, что для воды с уровнем минерализации 1000–3000 мг/л экономически целесообразно применение гидротехнических и химических методов опреснения. Для воды с минерализацией 3000–5000 мг/л по технико-экономическим показателям целесообразно использовать промышленно освоенные методы мембранной технологии доочистки. Воды же с минерализацией свыше 5000 мг/л более выгодно подвергать деминерализации термическими методами.

Классификации природных вод осуществляются в основном по степени минерализации и концентрации в них основных компонентов. Наиболее популярными являются классификации О. А. Алекина, Н. И. Толстихина, С. А. Щукарева, В. А. Сулина и др. Например, классификация С. А. Щукарева основана только на принципе преобладающих ионов и не учитывает соотношений между ними. В основу классификации О. А. Алекина [2] положены оба эти признака, что делает ее более приемлемой для систематизации буровых сточных вод, позволяет судить об их генезисе, физико-химических свойствах и солевом составе. По аналогии с классификацией природных вод по О. А. Алекину, БСВ можно классифицировать по *преобладающему аниону* на классы: гидрокарбонатный, карбонатный, сульфатный и хлоридный. Классы в свою очередь делятся на подгруппы, определяемые соотношением между ионами в эквивалентах.

Наиболее приемлемой следует признать классификацию сточных вод по *уровню загрязненности* и содержанию в них растворенных минеральных солей. Так, по степени загрязненности БСВ делятся: на нормальные; низкие; средние; высокие; очень высокие.

Буровые сточные воды, образующиеся в процессе строительства скважин, накапливаются и хранятся, как правило, в земляных котлованах на территории буровой и нередко попадают в почвогрунты при разливах или фильтрации из амбаров. Кроме того, одним из доступных направлений утилизации очищенных сточных вод является их безопасный сброс на рельеф местности. В таких случаях для оценки ирригационных качеств БСВ и установления характера их воздействия на почвогрунты применяется классификация сточных вод по *уровню фитотоксичности*. По уровню фитотоксичности сточные воды подразделяются: на нормальные; низкие; средние; высокие; критические. Классификация буровых сточных вод по уровню фитотоксичности построена на основании результатов вегетационно-полевых исследований по оценке влияния БСВ на загрязнение почв и их плодородие [18], [24]. Эксперименты проводили по стандартной методике на почвах различных типов, характерных для основных районов бурения. В опытах использовали сточную воду с различной минерализацией. Были установлены закономерности в засолении почв и проявлении фитотоксичного эффекта выращиваемых на таких почвах сельскохозяйственных культур. В результате использования этой методики была предложена классификация сточных вод по типу засоления и уровню фитотоксичности. Такая классификация дает объективную ха-

рактическую характеристику буровым сточным водам как токсичным загрязнителям почвогрунтов и почвенно-растительного покрова.

Приведенные классификации дают возможность обоснованно подходить к выбору методов очистки буровых сточных вод и рациональных направлений их утилизации в конкретных районах бурения.

7.3. Направления утилизации буровых сточных вод и требования к их качеству

Буровые сточные воды характеризуются высоким уровнем загрязненности и содержат в своем составе широкий спектр загрязнителей различной природы, представляющих опасность для объектов окружающей среды. Поэтому по многим параметрам они не только не удовлетворяют требованиям их использования для различных технологических процессов бурения, но и не удовлетворяют требованиям безопасного сброса их в объекты природной среды. В то же время основным направлением природоохранных работ в рамках отраслевой природосберегающей технологии строительства скважин является максимальная утилизация образующихся отходов бурения.

Решение этого вопроса невозможно без перехода на замкнутый цикл водообеспечения буровой. Его основу составляет максимально возможное вовлечение БСВ в систему оборотного водоснабжения с ориентацией использования этих вод для различных технических целей бурения.

Однако разумным и практически оправданным решением в ряде случаев является сброс БСВ в объекты природной среды (на почвогрунты, в проточные водоемы, не относящиеся к водоемам рыбохозяйственного и культурно-бытового назначения). Необходимость в этом возникает, как правило, при ликвидации шламовых амбаров перед их засыпкой и рекультивацией, в аварийных и непредвиденных ситуациях, а также при ограничении степени замкнутости системы оборотного водоснабжения буровой, когда требуется периодический вывод некоторого количества загрязненной сточной воды из оборотного цикла и сброс ее либо в шламовый амбар, либо на рельеф местности. Причем сброс сточных вод должен согласовываться в установленном порядке с соответствующими контролирующими органами, ответственными за охрану природной среды.

В настоящее время разработаны и действуют правила безопасного сброса, которые регламентируют порядок и допустимые объемы сброса сточных вод. Расчет допустимых объемов сбрасываемых вод производится по методикам, учитывающим уровень загрязненности стоков по лимитирующим показателям их качества. Согласно действующему

законодательству, неочищенные буровые сточные воды сбрасывать в объекты природной среды не допускается.

Прогрессивным направлением утилизации БСВ является их использование для целей ирригации [9], [18]. Особенно это возможно при строительстве скважин на плодородных землях и землях активного сельскохозяйственного использования. К водам орошения предъявляются более жесткие требования, достижение которых возможно лишь при условии глубокой очистки БСВ. Общим для них является строгое соблюдение содержания в составе воды токсичных для почв растворимых минеральных солей – хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов. Четко сформулированных регламентаций качества воды для орошения нет. Значение минерализации поливных вод в зависимости от метеорологических и агротехнических условий, от условий полива и дренажа может меняться в широких пределах, но не должно превышать 1,5 г/л. Поливная вода с минерализацией до 1,0 г/л пригодна для орошения независимо от местных условий. Согласно ГОСТ 17.4.3.05–86 (СТ СЭВ 5297–85) «Охрана природы. Почвы. Требования к сточным водам и их осадкам для орошения и удобрения» использование БСВ для систематического полива сельскохозяйственных культур без очистки недопустимо.

Часто затрагивается вопрос об использовании БСВ для закачки их в продуктивные пласты с целью поддержания пластового давления. Такое направление утилизации сточных вод представляется убедительным только в случае их очистки от взвешенных веществ и отдельных, наиболее опасных солевых компонентов при относительно малом содержании загрязняющей органики. Причем требования к закачиваемым водам весьма жесткие. Достаточно указать, что закачиваемые воды не должны содержать в своем составе взвешенных веществ свыше 1 мг/л, железа более 0,2 мг/л и нефтепродуктов более 1 мг/л в соответствии с ОСТ 39-225–88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству воды».

Такая вода не должна вызывать закупорку отверстий фильтров призабойной зоны и не должна коагулировать поры нефтемещающих пород в результате образования нерастворимых соединений при взаимодействии с пластовой водой и частицами пород, а также при изменении температуры. Закачиваемая вода должна содержать в минимальном количестве бикарбонаты, при распаде которых при нагреве воды образуется осадок карбоната кальция. Аналогичные явления протекают, когда в закачиваемой воде содержится растворенный кислород, который, окисляя железо (II) и сероводород, присутствующий в пластовой воде, способствует коагуляции пор породы.

Заслуживающим внимания является такое направление утилизации БСВ, как откачка их в действующий нефтепромысловый коллектор на пункт сбора и подготовки нефти с последующей очисткой на станциях водоподготовки. Для этого БСВ должны быть совместимы с водонефтяной эмульсией и не оказывать отрицательного влияния на качество подтоварной нефти. Однако на практике обеспечить соблюдение этих условий чрезвычайно трудно. Разнообразие по составу и качеству извлекаемых углеводородов и многообразию технологических приемов подготовки нефти не позволяют строго нормировать качество буровых сточных вод.

Рассмотренные выше направления утилизации БСВ показывают, что наиболее рациональным представляется использование их в системе оборотного водоснабжения буровой и безопасный сброс их на рельеф местности, т. е. направления утилизации, для которых характерны менее жесткие требования к качеству вод и не требующие решения сложных инженерных задач водоочистки. На них и должны быть ориентированы техника и технология очистки буровых сточных вод.

7.4. Методы очистки буровых сточных вод

Выбор метода очистки буровых сточных вод зависит в основном от степени дисперсности частиц, физико-химических свойств и концентрации примесей, а также требований, обусловленных направлением утилизации очищенной воды.

Основным принципом выбора метода очистки является состав сточной воды. Среди многообразия подходов в настоящее время наиболее удачным и общепризнанным считается подход, предложенный Л. А. Кульским [16]. Его основу составляет классификация примесей по признаку фазового и дисперсного состояния веществ в растворах. Согласно этому признаку, все примеси, содержащиеся в воде, делятся на четыре группы:

- 1) взвеси в виде тонкодисперсных суспензий и эмульсий;
- 2) коллоидные и высокомолекулярные соединения;
- 3) растворимые органические вещества и газы;
- 4) растворимые минеральные соли.

Загрязнители, относящиеся к первым двум группам, являются, как правило, термодинамическими неустойчивыми системами. Загрязнители третьей и четвертой групп относятся к гомогенным системам и являются термодинамическими устойчивыми, обратимыми системами.

Для очистки воды веществ *первой группы* наиболее эффективны методы, основанные на использовании естественных и многократно усиленных сил гравитации, а также сил адгезии. Характерной особенностью

загрязнителей *второй группы* является их способность к образованию устойчивой коллоидно-дисперсной системы. Для очистки воды от таких загрязнителей целесообразно применять коагуляционные методы, основанные на использовании веществ, изменяющих состав и концентрацию дисперсной фазы. Загрязнители *третьей группы* наиболее эффективно удаляются из воды методами физико-химического окисления, адсорбции и аэрирования. Удаление растворимых веществ *четвертой группы* из воды осуществляется путем их перевода в малорастворимые соединения, методом ионного обмена, а также мембранными методами.

Такой подход позволяет выбрать наилучший способ очистки воды разного состава. Учитывая, что буровые сточные воды по своему генезису являются гетерогенными коллоидно-дисперсными системами с высокой агрегативной устойчивостью, содержащими к тому же и растворимые примеси, можно сделать вывод, что для очистки следует использовать практически все известные методы.

Перечисленные выше методы очистки отличаются друг от друга по физико-химическим процессам, заложенным в них, а также технико-технологическими особенностями. К ним относятся механические, физико-химические и биологические методы [12].

7.4.1. Механические методы очистки

Наиболее простым и доступным методом очистки является *механический*. Этот метод является, как правило, предварительным способом очистки сточных вод и включает отстаивание, центрифугирование и фильтрацию. Он позволяет удалять из сточных вод нерастворимые примеси различной степени дисперсности, за исключением частиц коллоидной фракции и растворимых солей.

Самым распространенным методом в практике бурения является *отстаивание БСВ*, где удаление взвешенных веществ из сточной воды происходит под действием сил гравитационного поля. Эффективность удаления взвесей из БСВ зависит от степени их дисперсности и стабильности суспензии. Существующие системы очистки БСВ методом отстаивания в амбарах-отстойниках обеспечивают лишь частичное удаление из них грубодисперсных частиц, а основные загрязнители остаются в БСВ.

Удаление взвешенных веществ может быть усилено с помощью центробежных сил, используемых в циклонах и центрифугах. Известны результаты очистки промышленных сточных вод от взвешенных веществ и нефти с помощью гидроциклонов. Основные преимущества гидроциклонного способа очистки состоят в относительно высокой производительности, компактности и простоте конструкции [21].

Другим методом механической очистки, с помощью которого происходит выделение взвешенных загрязнений под действием центробежных сил, является *центрифугирование*. Использование промышленной осадительной горизонтальной центрифуги для очистки сточных вод позволяет удалить 40–70 % взвешенных веществ с одновременным снижением ХПК. Однако это не всегда достаточно для применения очищенной воды в оборотном водоснабжении.

Эффективным методом очистки БСВ от взвешенных частиц является *фильтрование*. В качестве фильтрующего элемента используют слой зернистого или пористого материала, например, кварцевый песок, а также тканевые и другие фильтры. Крупным недостатком метода фильтрования является трудность регенерации фильтрующего элемента [12].

7.4.2. Физико-химические и биохимические методы очистки

Дестабилизация такой сложной физико-химической системы, как БСВ возможна лишь под действием физико-химических сил. Главную роль в снижении агрессивной устойчивости БСВ играют адсорбционные и электростатические силы, а также силы химического воздействия. Поэтому основными методами очистки БСВ являются *физико-химические*. Наибольшее распространение получили реагентная коагуляция и электрокоагуляция.

Сущность *реагентной коагуляции* заключается в разделении фаз под действием добавляемых в очищаемую воду коагулянтов (преимущественно солей алюминия и железа), гидролизующихся в обрабатываемой воде с образованием сорбционно-активных гидроокисей [5]. Формирующаяся гидроокись обладает большой удельной поверхностью, которая легко адсорбирует дисперсные и коллоидные фракции, а также частично и растворенные загрязняющие вещества. В результате этого образуются хлопьевидные образования, которые оседают с образованием осадка. Кроме того, осаждаясь, хлопья механически увлекают за собой неадсорбированную часть загрязняющих ингредиентов, находящихся в очищаемой воде. В практике водоподготовки используют много коагулянтов, однако наиболее распространенными являются сульфат алюминия и хлорное железо.

Сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ – неочищенный технический продукт, представляющий собой куски серовато-зеленоватого цвета, получаемые путем обработки бокситов, нефелинов или глин серной кислотой.

Хлорное железо $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (ГОСТ 11159–76) представляет собой темные с металлическим блеском кристаллы, очень гигроскопичные, поэтому транспортируют его в железных герметичных бочках.

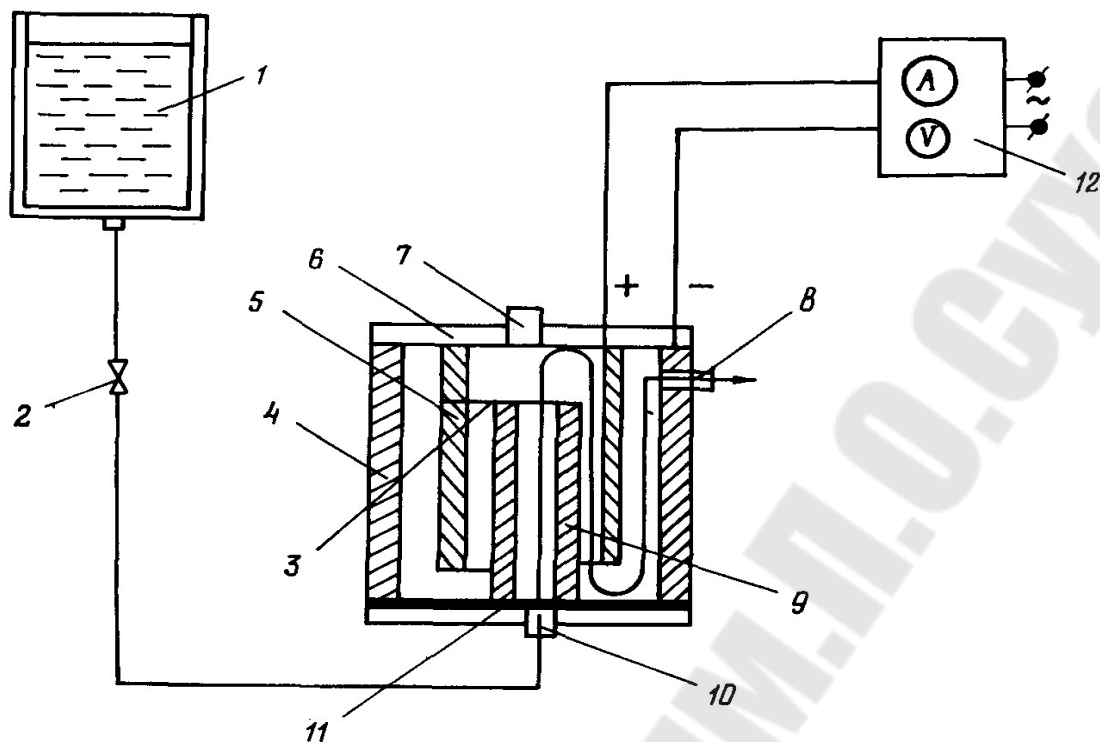


Рис. 7.1. Принципиальная схема установки для очистки буровых сточных вод методом электрокоагуляции: 1 – напорная емкость с исходной БСВ; 2 – вентиль для регулирования подачи воды; 3 – электрокоагулятор; 4 – корпус электрокоагулятора (катод); 5 – растворимый анод; 6 – крышка электрокоагулятора; 7 – газоотводная труба; 8 – сливной патрубок; 9 – направляющая труба; 10 – штуцер; 11 – днище с патрубком для входа жидкости; 12 – источник тока

Одним из эффективных методов очистки сточных вод является *электрокоагуляционный*.

Сущность электрокоагуляции заключается в дестабилизации сточных вод под действием адсорбционно-активных гидроокисей, генерированных электрическим током. Это приводит к коагуляции высокодисперсных и коллоидных загрязнителей и выпадению их в осадок. Простота метода и его универсальность обуславливают широкое применение электрокоагуляции в производственной практике. Наиболее целесообразная область применения этого метода – очистка нефтесодержащих сточных вод. Электрокоагуляционная обработка позволяет удалять из состава БСВ нефть и нефтепродукты, взвешенные вещества, растворенную органику и другие загрязнители. Основные закономерности и особенности процесса электрокоагуляционной очистки БСВ экспериментально изучались на установке, схема которой представлена на рис. 7.1. Рабочий раствор БСВ из напорной емкости 1 перетекал в электрокоагулятор 3, где одновременно на электроды подавалось напряжение. Образцы прошед-

ших электрообработку стоков отбирали для изучения процесса осадкообразования и анализа состава и свойств очищенных вод. Оценочным показателем эффективности электрокоагуляционной очистки БСВ служила степень очистки по каждому загрязняющему компоненту.

Разновидностью коагуляционного метода является *флотация*. Основной областью ее применения является очистка природных и сточных вод от нефти и нефтепродуктов. Метод очистки сточных вод флотацией нашел применение лишь при водоподготовке добычи нефти и газа.

Перспективным методом очистки БСВ является *биохимический метод*. Он находит применение для очистки производственных сточных вод ряда отраслей народного хозяйства. Этот метод основан на способности некоторых микроорганизмов извлекать из воды органические вещества различного генезиса и использовать их в качестве питательного субстрата. Преимуществами этого метода являются возможность удаления одновременно разнообразных по химическому составу соединений, простота решения и низкие эксплуатационные затраты. Разложение нефти, нефтепродуктов, а также других органических загрязнителей, содержащихся в буровой сточной воде, может быть осуществлено отдельными чистыми культурами бактерий и микроорганизмами [14].

Перечисленные выше методы решают задачи удаления из состава сточных вод главным образом загрязнителей, находящихся в коллоидно-дисперсном состоянии, и практически не способны к удалению растворенных минеральных солей. Вместе с тем в промышленной практике встречаются сточные воды со значительным содержанием растворимых солей, причем в количествах, превышающих известные нормативы. Поэтому такие воды требуют обессоливания.

7.4.3. Методы деминерализации природных и сточных вод

Основными методами деминерализации природных и сточных вод являются термический, мембранный, ионного обмена и гидротехнический. К *термическому методу* относятся процессы с использованием высоких температур (дистилляция) и низких температур (замораживание). *Мембранный метод* (без изменения агрегатного состояния воды) разделяется на электродиализный и обратноосмотический.

Метод электродиализа заключается в процессе удаления (сепарации) ионов из сточных вод при их электролизе с использованием ионообменных (ионитовых) мембран. Ионообменные мембраны представляют собой гибкие тонкие ленты, изготовленные на основе катионообменной и анионообменной смол. Глубина очистки сточных вод с помощью электродиализа достигает 500 мг/л.

Метод обратного осмоса, или *гиперфльтрация* представляет собой процесс разделения растворов фильтрованием через полупроницаемые мембраны под давлением, превышающим осмотическое. Полупроницаемые мембраны имеют свойство пропускать только молекулы воды и не пропускать гидратированные ионы солей или молекулы недиссоциированных соединений. Таким образом, с помощью этого метода получают чистую воду, которую можно сбрасывать на рельеф или использовать в системе оборотного водоснабжения.

Метод ионного обмена разделяется на катионирование и анионирование. Более экономичным методом является химическая доочистка сточных вод с помощью ионообменных смол. С помощью ионитов решаются вопросы как частичной, так и глубокой очистки вод. *Иониты* представляют собой практически нерастворимые в воде полимерные вещества, имеющие подвижный ион (катион + или анион –), способный в определенных условиях вступать в реакцию обмена с ионами того же знака, которые находятся в растворе. Поэтому иониты могут быть представлены *катионитами* – материалами, обменивающими катионы и *анионитами* – материалами, способными к обмену анионов. Синтетические высокомолекулярные иониты обычно выпускаются в виде гранул, которые носят название зернистых ионообменников, или ионообменных смол. Каркас синтетических ионитов обладает значительной гибкостью и, контактируя с таким полярным растворителем, как вода, способен к значительному увеличению объемов (набуханию). Возникающая в результате пористая структура проницаема для ионов, обмен которых возможен не только на поверхности ионита, но и в его массе [4], [8], [11], [16].

Гидротехнический метод используется для снижения солесодержания и достигается путем разбавления и испарения [12].

Рассмотренные выше методы деминерализации природных и сточных вод в промышленной практике доочистки БСВ не используются из-за отсутствия соответствующих технических решений. Вместе с тем, несмотря на значительные затраты на очистку вод указанными методами, они остаются единственно доступным средством деминерализации буровых сточных вод.

Из анализа вышеперечисленных методов очистки сточных вод видно, что наиболее эффективным методом очистки БСВ следует считать коагуляционный метод, а методом доочистки (деминерализации) – ионный метод.

ТЕМА 8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОЧИСТКИ И УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

8.1. Режимно-технологические особенности реагентной очистки буровых сточных вод

Основной технологией водоочистки является обработка сточной воды коагулирующим или флокулирующим агентом. Условием успешности очистки является создание оптимальных гидродинамических условий смешения коагулянта с водой. Сущность обработки заключается в однородном распределении коагулянта в объеме воды. Теория и практика водоподготовки свидетельствует, что необходимым условием успешности очистки вод является строго последовательный ввод реагентов – сначала в обрабатываемую воду вводится коагулянт, а затем флокулянт, в результате чего происходит объединение мелких частиц в дисперсионных системах в крупные (сгущение). В практике водоподготовки используют много коагулянтов, наиболее распространенными являются сульфат алюминия и хлорное железо. *Флокулянтами* в технологии очистки сточных вод называются высокомолекулярные вещества, интенсифицирующие процесс хлопьеобразования гидроксидов алюминия и железа. Они принадлежат к классу линейных полимеров. Флокулянты классифицируются на органические (природные и синтетические) и неорганические, на анионного и катионного типов. В качестве флокулянтов из природных веществ используют крахмал, белковые гидролизные дрожжи, картофельную мезгу и др. Из синтетических анионных флокулянтов наиболее широко применяются органический полимер полиакриламид (ПАА), флокулянты серии К (К-4, К-6 и др.).

В проектных документах на строительство скважин в пределах территории работ РУП «ПО «Белоруснефть» в книге «Охрана окружающей природной среды» приводятся режимно-технологические схемы очистки и утилизации БСВ, ОБР и БШ [41], [42].

Очистку буровых сточных вод производят, как правило, методом реагентной коагуляции. В качестве коагулянта используют 5–10%-ный водный раствор сульфата алюминия, а флокулянта – 0,1–0,5%-ный водный раствор полиакриламида или его аналога «SANFLOC». Для очистки буровых сточных вод применяют вариант технологической схемы с использованием цементировочного агрегата (рис. 8.1). После обработки сточные воды могут сбрасываться на рельеф местности, в пределах буровой через специальную дренажную фильтрующую площадку (рис. 8.2).

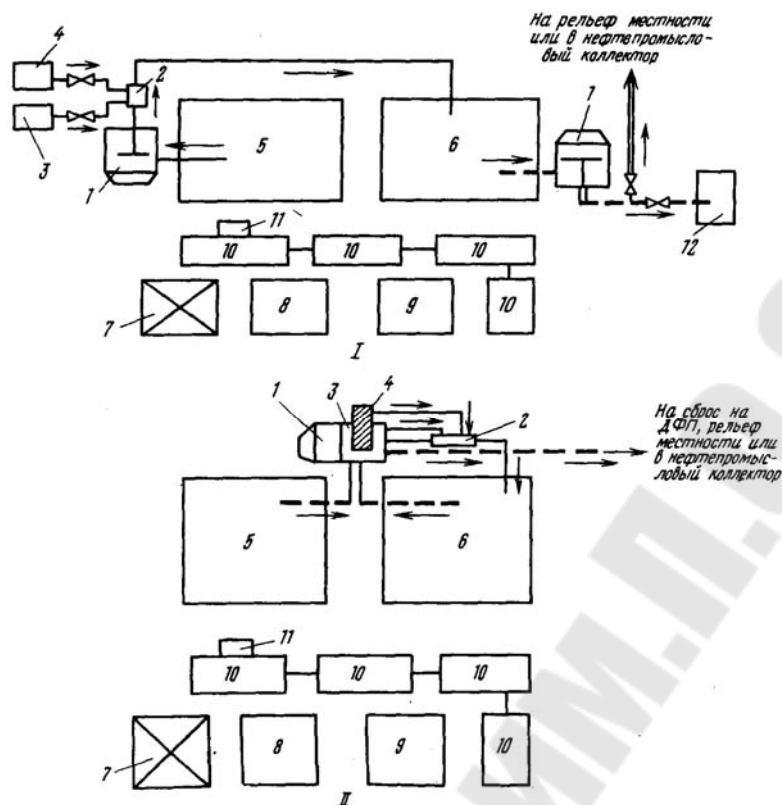


Рис. 8.1. Принципиальная схема нестационарной очистки буровых сточных вод: I – с использованием цементного агрегата; II – с использованием передвижной водоочистной установки; I – цементировочный агрегат (I) и передвижная водоочистная установка (II); 2 – гидросмеситель; 3, 4 – емкости для растворов коагулянта и флокулянта; 5 – амбар с загрязненной БСВ; 6 – амбар для отстоя обработанных БСВ; 7 – буровая площадка; 8 – силовой блок; 9 – насосный блок; 10 – циркуляционная система; 11 – блок очистки растворов; 12 – ДФП. Сплошной линией показана технологическая линия обработки БСВ, штриховой – технологическая линия откачки очищенных БСВ

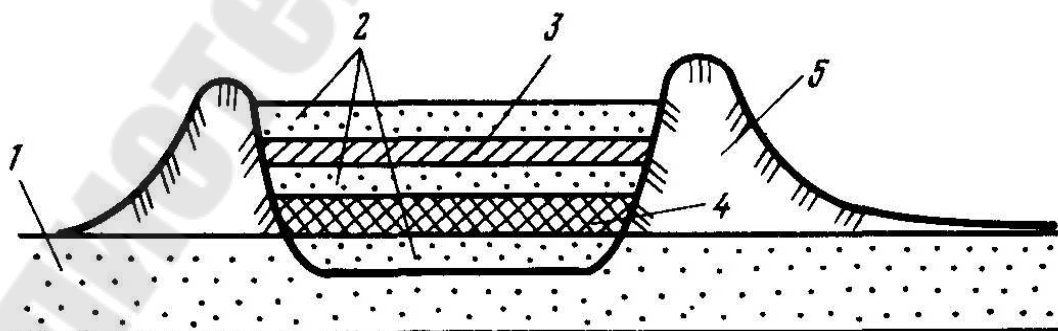


Рис. 8.2. Конструкция дренажной фильтрующей площадки: 1 – дренажный минеральный грунт; 2 – песчаный слой; 3 – слой извести; 4 – слой ионитовой крошки; 5 – обваловка

Сбрасываемая вода должна удовлетворять следующим требованиям (табл. 8.1).

Если качество воды не соответствует указанным требованиям, обработку следует повторить или обеспечить ее вывоз на растворный узел для приготовления буровых растворов.

Сброс обработанных отходов осуществляют в шламовые амбары, а подбор дозы реагентов (коагулянта, флокулянта) производят непосредственно на буровой методом пробного коагулирования.

Анализ состава и свойств отходов бурения выполняют по стандартным и общепринятым методикам с учетом специфики используемых в бурении материалов, химреагентов и рецептур буровых растворов [25].

Таблица 8.1

Характеристика состава очищенной буровой сточной воды

Показатели качества воды	Значения показателя для дерново-подзолистой почвы, до
рН	3–6,5
Взвешенные вещества, мг/л	3000
Содержание нефти и нефтепродуктов, мг/л	0
ХПК, мг/л	2500
БПК5, мг/л	1600
Сухой остаток, мг/л	22520
Содержание ионов, мг/л:	
кальция	1100
магния	150
натрия	7500
калия	1250
хлора	10500
Сульфатов	1400
Гидрокарбонатов	600
Железа (общего)	20

8.2. Технологические схемы очистки буровых сточных вод при строительстве скважин с использованием земляных шламовых амбаров

При разработке технологических мероприятий исходят из принятых технологий строительства скважин и природно-климатических особенностей районов ведения буровых работ. В связи с этим рассмотрим принципиальные технологические схемы очистки буровых сточных вод при строительстве скважин с использованием шламовых амбаров и без них для обычного и кустового бурения [29], [41], [42].

На основании анализа существующих технологий бурения рекомендуется использовать два основных варианта технологических схем очистки и доочистки буровых сточных вод – стационарную и нестационарную технологические схемы.

Стационарная технологическая схема ориентирована на систематическую очистку БСВ непосредственно в процессе бурения для решения задач оборотного водоснабжения буровой. Она обеспечивает реализацию замкнутого цикла водообеспечения процесса строительства скважин, что способствует существенному снижению объемов образования отходов. Такая схема рекомендуется для глубоких скважин с продолжительным циклом строительства (свыше 6–8 месяцев).

Технологическая схема стационарной водоочистки для обычного бурения приведена на рис. 8.3, где используется стандартное оборудование буровой. Основными элементами такой схемы являются: узел транспортирования БСВ 4; узел приготовления коагулянта и флокулянта 9; блок реагентного хозяйства для очистки БСВ с системой дозирования 5, 8; узел обработки стоков раствором коагулирующего и флокулирующего агентов 6; узел отстоя обработанной БСВ 7; инженерная система коммуникаций для канализации очищенных БСВ на утилизацию или доочистку 3. Для подачи загрязненной сточной воды из накопительного резервуара 2 рекомендуется использовать водяные насосы. Приготовление растворов коагулянта и флокулянта осуществляется с помощью цементирующего агрегата.

Нестационарная технологическая схема рекомендуется в основном для разовой, однократной очистки БСВ, например, непосредственно при ликвидации шламовых амбаров или в непредвиденных аварийных ситуациях. Наиболее целесообразно применять такую схему при бурении неглубоких скважин, время строительства которых не превышает 6 месяцев.

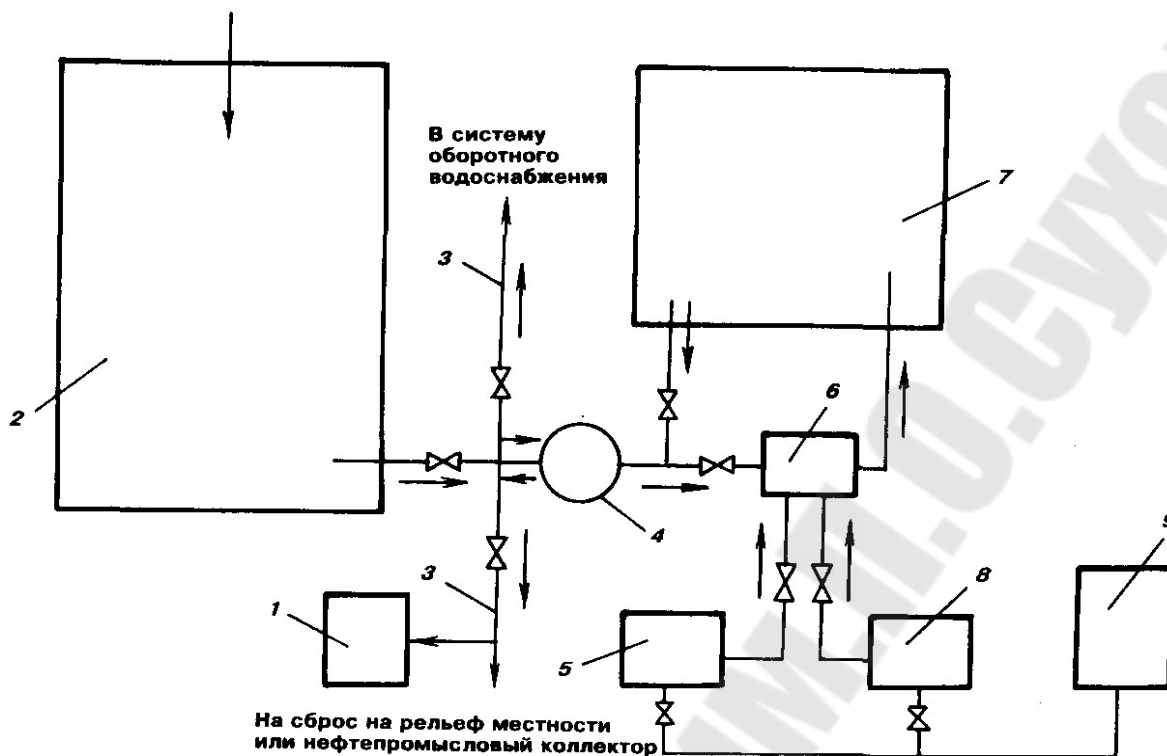


Рис. 8.3. Принципиальная технологическая схема стационарной водоочистки буровой: 1 – узел доочистки; 2 – накопительный резервуар или земляной амбар; 3 – система коммуникаций для откачки очищенной БСВ на утилизацию, доочистку или сброс; 4 – узел подачи загрязненной БСВ на обработку (водяной насос); 5, 8 – блоки реагентного хозяйства (емкости для растворов коагулянта 5 и флокулянта 8); 6 – узел обработки БСВ; 7 – узел отстоя обработанной БСВ (земляной котлован или металлический резервуар); 9 – узел приготовления коагулянта и флокулянта

Выбор вариантов технологических схем очистки БСВ производится в каждом конкретном случае строго индивидуально, в зависимости от принятой технологии бурения, природно-климатических условий и ландшафтных особенностей территории бурения.

Общим для них является отдельный сбор БСВ от других видов отходов бурения, а также стадии технологии водоочистки, включающие: приготовление растворов коагулянта и флокулянта; подачу исходной БСВ на узел обработки; дозирование коагулянтов и флокулянтов; обработку сточных вод; отстаивание обработанной БСВ с целью разделения фаз путем отделения осадка и осветления надосадочной жидкости, а также система распределения очищенной воды на точки водопользования буровой.

Как известно, при такой технологии строительства скважин основной емкостью для накопления БСВ являются земляные котлованы,

сооружаемые в минеральном грунте на территории буровой. Наиболее оптимальным представляется двухсекционный земляной амбар. Первая его секция служит для сбора и накопления загрязненной БСВ, а вторая секция – для отстоя обработанных вод. Секции должны разделяться земляной перемышкой для исключения смешения очищенной и исходной БСВ. Размеры амбаров определяются объемами образующихся стоков с учетом их повторного использования в системе оборотного водоснабжения буровой, сброса на рельеф местности и других направлений утилизации. Частным случаем такой системы сбора является применение односекционного накопительного амбара для сбора БСВ. Для этого буровая установка должна быть оборудована специальной емкостью для отстоя обработанной воды.

Наиболее оправдана такая система сбора БСВ и отстоя обработанной воды для кустового бурения скважин, так как из-за ограниченности территории кустовой площадки сооружение дополнительной секции земляного амбара вызывает значительную трудность.

Система сбора буровых сточных вод – важный элемент технологии водоочистки. Она должна обеспечивать надежный и гарантированный сток БСВ от точек их образования до мест организованного сбора. Технологическая схема инженерной системы канализации стоков представляет собой систему лотков, желобов и канав. Центральный сточный канал для сбора БСВ прокладывается в пониженной части покрытия под буровую и направлен в амбар для сточной воды. Часто в технологических схемах для подачи загрязненной сточной воды из накопительного резервуара рекомендуется использовать водяные насосы.

8.3. Технологические схемы очистки буровых сточных вод без использования земляных шламовых амбаров

Для реализации процесса строительства скважин без использования земляных шламовых амбаров наиболее приемлема стационарная технологическая схема водоочистки. Отличительной особенностью такой схемы является наличие специальных емкостей или резервуаров для сбора загрязненной воды. В качестве накопительной емкости при бурении одиночных скважин используется бетонированная шахта размером не менее 4×4 м и глубиной до 3,5–4,0 м, сооружаемая в минеральном грунте в месте размещения блока емкостей циркуляционной системы. Обязательным элементом такой схемы является наличие емкости для отстоя обработанных вод.

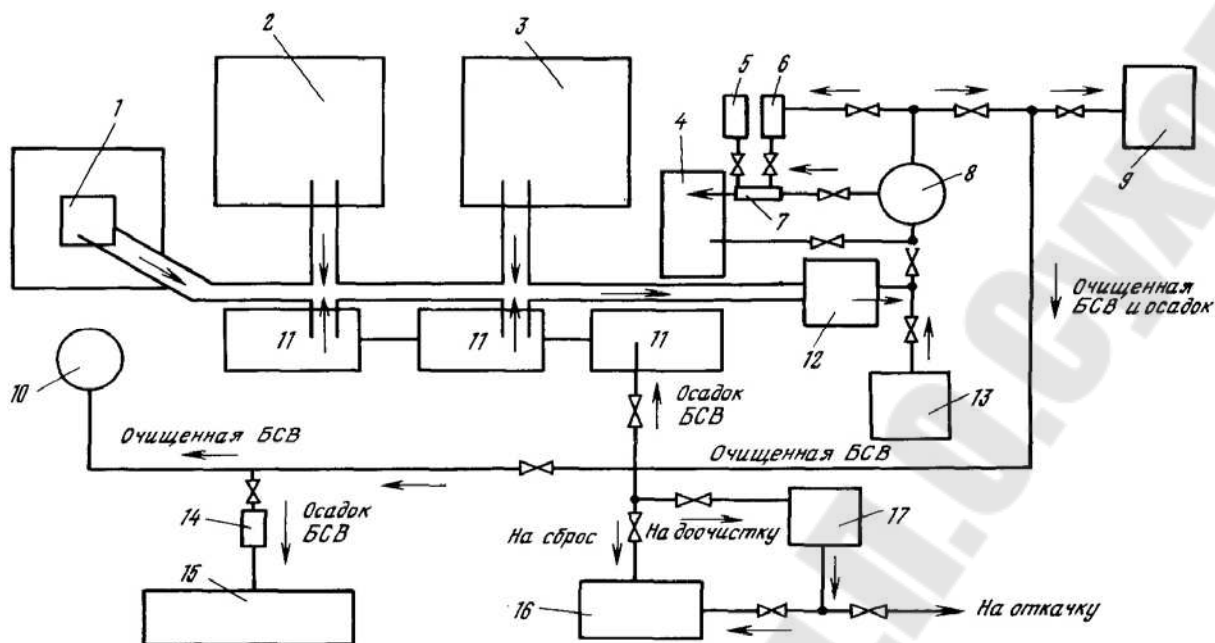


Рис. 8.4. Принципиальная технологическая схема очистки БСВ при бурении скважин без использования земляных шламовых амбаров: 1, 12 – шахты для накопления БСВ; 2 – насосный блок; 3 – энергоблок; 4 – емкость для отстоя обработанной БСВ; 5, 6 – емкости для коагулянта и флокулянта; 7 – узел обработки; 8 – насос; 9 – узел приготовления буровых растворов; 10 – водораспределительная емкость; 11 – циркуляционная система; 13 – узел приготовления растворов коагулянта и флокулянта; 14 – узел обработки осадка БСВ отверждающим составом; 15 – площадка для твердения отвержденного осадка БСВ; 16 – дренажная фильтрующая площадка; 17 – узел доочистки

Нестационарная технологическая схема очистки БСВ реализована при бурении скважин в ПО «Краснодарнефтегаз» и «Белоруснефть» непосредственно при ликвидации земляных шламовых амбаров. Все подготовительные и основные технологические операции в технологической схеме водоочистки (приготовление рабочих растворов коагулянта и флокулянта, откачка загрязненной БСВ из шламового амбара, ее обработка коагулянтном и флокулянтном, откачка очищенной сточной воды на дренажные фильтрующие площадки для доочистки – экологически чистого сброса на рельеф местности) осуществлялись цементировочным агрегатом. Результаты очистки и доочистки БСВ показывают, что исходные сточные воды характеризуются высоким уровнем загрязненности по органике, взвешенным веществам, нефти и нефтепродуктам и растворимым минеральным солям. После очистки сточные воды удовлетворяют требованиям экологически безопасного сброса на рельеф местности, в том числе и по минеральным солям [6].

8.4. Основные направления утилизации буровых сточных вод

Технология утилизации БСВ состоит из двух этапов:

1. Утилизация БСВ в процессе бурения.
2. Утилизация БСВ после окончания строительства скважины.

В свою очередь утилизация БСВ в процессе бурения осуществляется по следующим направлениям:

- 1) использование БСВ в оборотном водоснабжении (технические нужды буровой);
- 2) приготовление буровых растворов;
- 3) приготовление тампонажных растворов;
- 4) опрессовка колонны труб.

Утилизация БСВ после окончания строительства скважины происходит по другим направлениям:

- 1) откачка в систему сбора и подготовки нефти;
- 2) система ППД;
- 3) ирригация земель;
- 4) закачка в поглощающие скважины;
- 5) безопасный сброс в объекты природной среды.

Безопасный сброс сточных вод в объекты природной среды является нормированным процессом и соответствует нормативно-методическим документам [33]–[37], [39] соблюдение норм и правил которых контролируется природоохранными органами.

8.5. Ликвидация шламовых амбаров и рекультивация земель

Наиболее трудоемкой и ответственной операцией восстановления земель, нарушенных бурением, являются засыпка и рекультивация шламовых амбаров [29], [40].

Согласно ГОСТ 17.5.1.01–78 под *рекультивацией* понимается комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также улучшение условий охраны окружающей среды. Рекультивация земель проводится в два этапа: горно-технический и биологический. *Горно-технический этап* включает планировку, снятие, транспортировку и нанесение плодородного слоя на рекультивируемые участки. *Биологическая рекультивация* – это обработка растительного слоя отчужденного участка земли органическими и минеральными удобрениями согласно рекомендациям агрономической службы.

Горно-техническую рекультивацию выполняют соответствующие службы бурового предприятия совместно с подразделениями технологического транспорта объединений, а биологическую – основной землепользователь. Расходы на биологическую рекультивацию возмещают буровые предприятия. Рекультивацию амбаров производят после захоронения их содержимого и планировки нарушенного участка. Почти повсеместно засыпке в амбарах подлежат буровой шлам и твердые загрязнители. В большинстве случаев захоронению подлежит и ОБР.

Засыпка котлованов в теплое время происходит, как правило, не сразу после окончания бурения скважин, а через определенный период – после подсыхания их содержимого. В зависимости от природно-климатических условий этот период может составлять от нескольких месяцев до двух-трех лет, что обусловлено токсическими свойствами отработанных буровых растворов. Засыпка и планировка поверхности невысохшего амбара чревата опасностью проваливания в него используемой для этих целей техники.

Несмотря на низкую экологическую эффективность этого способа ликвидации шламовых амбаров (так как захороняемые отходы, как правило, перед засыпкой не обезвреживаются и содержащиеся в них загрязнители могут проникать в почву и почвенные воды), он находит широкое распространение в промышленной практике. Участок земли с открытым или даже засыпанным амбаром в этом случае в течение длительного времени остается непригодным для сельскохозяйственного пользования, что крайне невыгодно с точки зрения рационального использования земельных ресурсов.

С целью сокращения сроков ликвидации шламовых амбаров и их рекультивации практикуется перед засыпкой котлована частичное удаление из него подвижной (жидкой) части отходов. Наиболее доступными считаются два способа: выдавливание содержимого земляных амбаров в узкие траншеи и вывоз или сброс на поля испарения. Первый способ нашел применение в 70-х годах в ПО «Укрнефть», а также частично в РУП «ПО «Белоруснефть» и некоторых других местах. Этот способ реализуется следующим образом. Вплотную к земляному амбару бульдозером или ковшом экскаватора роют несколько траншей глубиной до 5 м, а затем разрушают перемычку между амбаром и траншеями. После заполнения траншей жидкими отходами их засыпают минеральным грунтом. Загущенный остаток шламовой массы остается в амбаре и подсыхает в нем до тех пор, пока не появится возможность засыпать амбар с помощью бульдозера.

Основными факторами, сдерживающими широкое распространение этого способа, являются гидрогеологические, почвенно-ландшафтные условия и рельеф местности, а также низкая экологическая эффективность, так как при этом сохраняется высокий риск загрязнения почвогрунтов и подпочвенных вод.

Второй способ удаления жидкой части содержимого амбаров – вывоз или сброс на поля испарения – получил гораздо меньшее распространение, чем первый. Сущность его сводится к тому, что жидкие отходы подаются в специально устроенные в минеральном грунте отстойные амбары вместимостью 10–15 м³ и более, в которых эти стоки находятся в течение 2–3 лет, где происходит отстаивание, естественное самоочищение стоков, испарение жидкости и образование плотного осадка. На такие поля вывозят лишь жидкую часть стоков, а оставшуюся в шламовых амбарах не текучую загущенную массу засыпают минеральным грунтом и участок рекультивируют. Этот способ приемлем для южных районов и непригоден для северных районов с высокой увлажненностью и заболоченностью.

Засыпка амбаров в обязательном порядке производится сначала минеральным грунтом или песком, причем толщина этого слоя должна обеспечивать надежную изоляцию содержимого амбара от наносимого сверху плодородного слоя, а для районов Севера и Западной Сибири – слоя торфа или мха. При засыпке и планировке толщина слоя наносимой почвы должна быть не менее глубины почвообразующего материала.

Обязательным условием проведения горно-технического этапа рекультивации территории является отверждение содержимого амбаров. Многими исследованиями доказано, что водно-физические и агрономические свойства почв после захоронения отвержденных отходов бурения практически не изменяются и соответствуют фону. Кроме того, процесс отверждения отходов бурения значительно сокращает сроки засыпки амбаров и, следовательно, планировки территории захоронения. Поэтому можно считать, что приоритетным направлением в ликвидации шламовых амбаров на современном этапе является обезвреживание их содержимого отверждением с последующим захоронением в котлованах на территории буровой [37], [39], [41].

ТЕМА 9. ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ И ШЛАМА

9.1. Состав и свойства отработанных буровых растворов и шлама

Решающим фактором, определяющим загрязняющие свойства ОБР и шлама, а также направления их утилизации и нейтрализации вредного воздействия на объекты природной среды, являются состав и физико-химические свойства.

Анализ состава и свойств указанных отходов бурения свидетельствует о значительном уровне их загрязненности. В составе ОБР и шлама в значительном количестве содержатся растворенная и эмульгированная нефть, загрязняющая органика (показатель ХПК), минеральные соли (сухой и прокаленный остатки). рН таких отходов колеблется в довольно значительном диапазоне – от 7,2 до 12,5. Содержание твердой фазы в них тоже различно. Анализ компонентного состава ОБР и шлама показал, что их твердая фаза может состоять из пород глинистой фракции, карбонатных и галоидно-сульфатных пород, барита, гематита и других включений [6].

Анализ ОБР и шлама также показал, что для основных регионов бурения в последнее время отмечается тенденция к усилению их загрязненности, прежде всего органикой. Это связано с более широким применением для обработки буровых растворов полимерных химвеществ, в удельном весе которых преобладают реагенты-стабилизаторы и реагенты для понижения водоотдачи. Загрязненность отходов бурения в первую очередь зависит от применяемой технологии строительства скважины, которая в свою очередь определяется горно-геологическими условиями их проводки.

9.2. Классификация отработанных буровых растворов и шлама

Для решения задач утилизации ОБР и бурового шлама необходимо применять их классификацию по определенным качественным и количественным признакам. Наиболее существенными признаками являются агрегатное состояние, компонентный состав и физико-химические свойства.

По *агрегатному состоянию* указанные отходы могут быть систематизированы как *жидкие* (текучие), *полужидкие* (пастообразные) и *твердые*. Основным признаком их отнесения к тому или иному виду в

данной систематизации является содержание твердой и жидкой фаз. Так, если содержание твердой фазы составляет до 35 %, отходы сохраняют свою подвижность и текучесть и относятся к жидким отходам ОБР. Если содержание твердой фазы изменяется от 35 до 85 %, отходы имеют пастообразный вид и относятся к полужидким (это ОБР с буровым шламом). И, наконец, если содержание жидкости в составе отходов менее 15 %, их следует отнести к категории твердых отходов (выбуренная порода или буровой шлам). Систематизация отходов по такому признаку позволяет обоснованно подходить к выбору способа их транспортирования и смешения с другими ингредиентами.

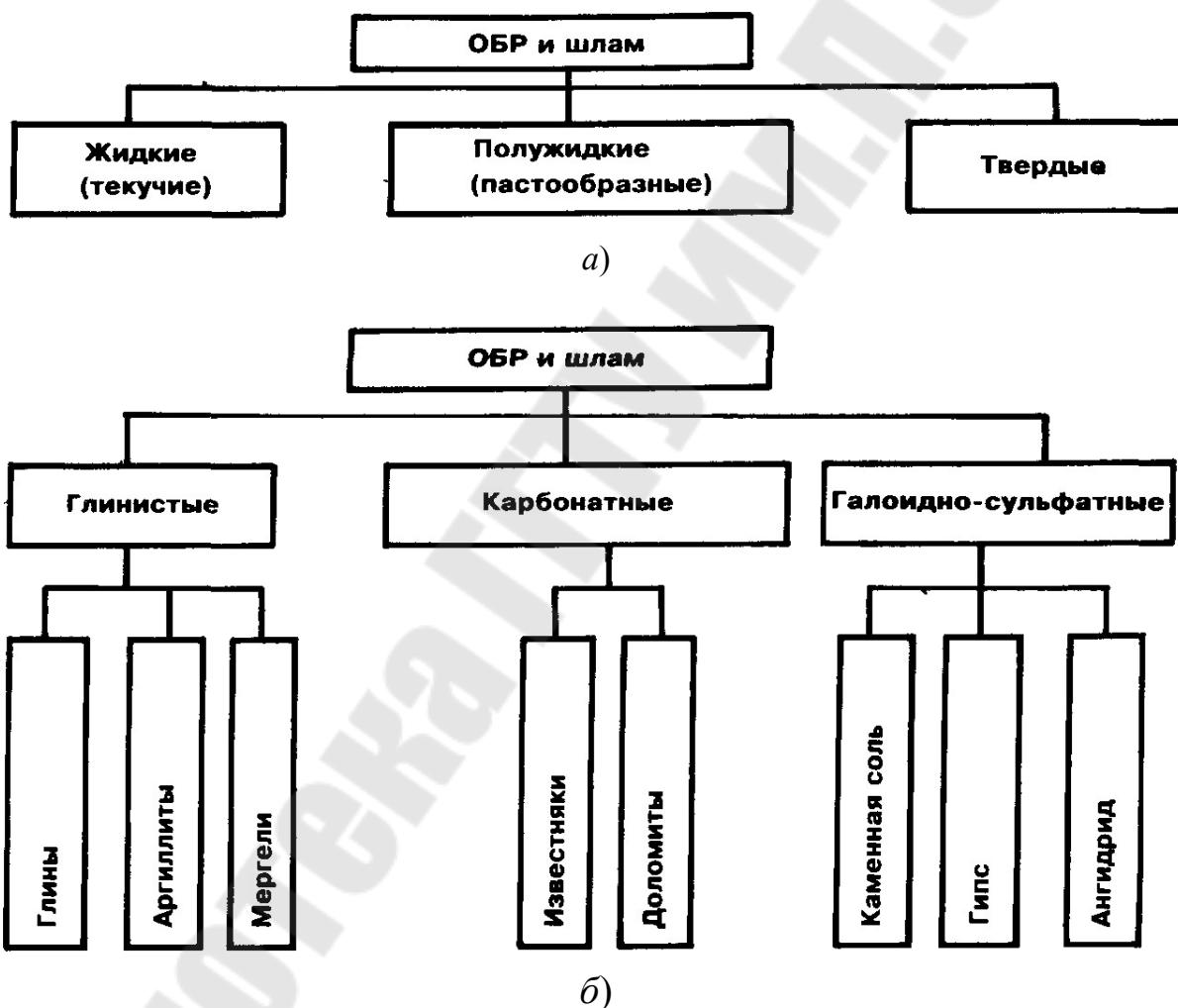


Рис. 9.1. Систематизация отработанного бурового раствора и шлама:
 а – по агрегатному состоянию; б – по компонентному составу

По компонентному составу отходы бурения следует систематизировать как глинистые, карбонатные и галоидно-сульфатные. Эта систематизация в основном относится к твердым и полужидким отходам. Глинистые – это отходы, твердая фаза которых представлена породами

глинистой фракции (глины, аргиллиты, мергели). *Карбонатные* – это отходы, твердая фаза которых состоит преимущественно из карбонатных пород (известняки, доломиты). *Галоидно-сульфатные* отходы содержат твердую фазу, состоящую в основном из каменной соли, гипса и ангидрита. Такая систематизация позволяет оценивать пригодность этих отходов в качестве вторичного сырья при их утилизации [40], [41].

Согласно систематизации по уровню загрязненности и фитотоксичности эти отходы могут быть отнесены к отходам *с очень высоким, высоким, средним, низким и нормальным уровнем загрязненности*. Основными классификационными признаками выбраны такие показатели, как рН, ХПК, содержание нефти и нефтепродуктов, сухой и прокаленный остаток. Такая систематизация является достаточно убедительной, так как позволяет охватить весь спектр загрязнителей, оказывающих вредное воздействие на компоненты гидросферы и литосферы.

9.3. Методы обезвреживания отработанных буровых растворов и шлама

В настоящее время в подавляющем большинстве случаев ОБР и буровой шлам захороняются в земляных амбарах непосредственно на территории буровой после окончания бурения скважины. Однако это решение не обеспечивает надежной экологической защиты мест захоронения отходов. Надо ждать длительное время для подсыхания содержимого амбара перед их засыпкой с последующей рекультивацией. Вместе с тем этот метод ликвидации отходов бурения наиболее доступен по сравнению с другими, несмотря на безвозвратные потери бурового раствора. Обезвреживание отходов позволяет повысить экологичность таких работ и обеспечить условия для своевременной рекультивации отстойников с ОБР и шламом, исключив стадию длительного ожидания затвердевания их содержимого.

Основные направления работ в области обезвреживания отходов бурения заключаются в физико-химической нейтрализации и отверждении ОБР и БШ. *Метод физико-химической нейтрализации* предусматривает разделение ОБР на жидкую и твердые фазы с последующей утилизацией жидкой части и нейтрализацией осадка. С этой целью в США предложен способ разделения фаз ОБР. Для обработки используют флокулирующие добавки. Такие добавки вызывают коагуляцию и флокуляцию жидкой части отходов и высаживание твердой фазы в осадок. После удаления из амбара осветленной воды оставшаяся масса вновь обрабатывается флокулянтами, и так продолжается до тех пор, пока вся основная часть воды не будет удалена из жидких отходов.

Заслуживает внимания способ ликвидации шламовых амбаров методом расслоения ОБР на загущенную и осветленные фазы с последующим отверждением верхней части осадка после удаления осветленной воды. Этот метод реализуется следующим образом. В амбар с ОБР вводят коагулянт из расчета 1,5 кг на 1 м³ жидкой фазы. Указанный амбар содержит примерно 50 % шлама и 50 % жидкой фазы. Введение коагулянта осуществляется при активном смешивании его с ОБР с помощью цементировочного агрегата в течение 1,5–2,0 ч. Затем ОБР отстаивается в течение суток. После отстоя осветленную воду откачивают на технологические нужды. Подвижную часть загущенного осадка буровым насосом откачивают из амбара и смешивают с вяжущим компонентом, например, цементом. Полученную смесь вводят в амбар и равномерно распределяют по поверхности придонной неподвижной части загущенного осадка. Отверждение поверхностного слоя заканчивается примерно через двое суток. На отвержденную поверхность наносится экран из глины толщиной 0,3 м. Затем оставшуюся часть котлована засыпают минеральным грунтом.

За рубежом в качестве отверждающих составов предлагаются минеральные вяжущие реагенты с активными добавками, такими как окись алюминия, жидкое стекло, хлорид железа.

Необходимым условием успешной реализации процесса отверждения ОБР и БШ является качественная обработка их отверждающим составом, которая обеспечивает однородность смешения исходных материалов. Рациональным является обработка подвижных полужидких отходов бурения как продолжение технологической схемы основного процесса бурения. Для этого в технологической схеме наземной циркуляции бурового раствора должны быть предусмотрены специальные устройства сбора ОБР и БШ и их последующего твердения.

Зарубежные фирмы, занимающиеся разработкой и созданием природоохранных технологий, включают центрифуги – системы очистки буровых растворов в качестве основного элемента всей технологии обработки жидких и полужидких отходов бурения.

Принципиально подходы зарубежных фирм к решению рассматриваемых экологических проблем идентичны. Технологическая схема такого процесса бурения предусматривает следующие этапы:

- 1) организованный раздельный сбор отходов по их видам (агрегатному состоянию);
- 2) система обезвоживания полужидких отходов (буровой шлам и раствор);

3) блок осветления жидких отходов (буровая вода и фугат бурового раствора) с последующим ее использованием для технических целей бурения;

4) система разделения жидких и полужидких отходов на фазы и обезвоживания шламовой массы;

5) система транспортирования твердых отходов в места их организованного сброса (складирования).

В качестве безреагентных методов обезвреживания твердых отходов заслуживает внимания *термический метод*. Термическая обработка шламовых масс обеспечивает разрушение органики всех основных классов, присутствующих в буровом шламе.

Эффективным и практически доступным методом частичного обезвреживания бурового шлама может стать *отмывка* его от загрязняющей органики (в том числе нефти и нефтепродуктов) горячей технической водой системы оборотного водоснабжения буровой.

Приоритетным направлением обезвреживания указанных отходов бурения является их отверждение. Эффект обезвреживания достигается за счет превращения указанных отходов бурения в инертную консолидированную массу и связывания в ее структуре загрязняющих веществ, что практически исключает миграцию их за пределы отвержденного бурового раствора. Такую отвержденную массу можно захоронить в земляных амбарах непосредственно на территории буровой без нанесения ущерба окружающей среде. Метод отверждения является не только практически доступным, но и экономически выгодным. В качестве отверждающих составов предлагаются различные вяжущие реагенты, которые, как правило, являются многокомпонентными образованиями [25], [41].

Таким образом, наиболее доступным на современном этапе, практически и экономически целесообразным направлением снижения техногенеза процесса бурения является путь, предусматривающий:

1) организованный сбор отходов по их видам;

2) очистку жидких стоков до соответствующего уровня с последующим сбросом на рельеф местности;

3) обезвреживание шламовых масс путем превращения их в инертное твердое состояние, обеспечивающее экологически безопасное захоронение в минеральном грунте непосредственно на территории буровой.

Для реализации на практике этого подхода буровые установки, в частности циркуляционные системы, должны дооснащаться специальным природоохранным оборудованием. На разработку и внедрение таких технических средств в настоящее время и направлены усилия многих инофирм, а также отечественных организаций.

9.4. Утилизация отработанных буровых растворов

Наиболее доступным направлением утилизации ОБР является их повторное использование для бурения новых скважин. В этой области имеется богатый опыт зарубежных фирм, а также отечественной практики бурения. Этот подход оправдан не только с экологической, но и с экономической точки зрения, так как он обеспечивает значительное сокращение затрат на приготовление буровых растворов. Так, фирмой «Shell Canada» было пробурено 209 скважин, в результате чего образовалось свыше 30 тыс. м³ отходов бурения, основной объем которых составлял отработанный буровой раствор. Расчеты показали, что экономически целесообразным оказалось их повторное использование для бурения других скважин по сравнению с работами по их обезвреживанию или безопасному захоронению. Поэтому фирмой было принято решение использовать максимально возможное количество ОБР при проводке новых скважин. Для этого была разработана специальная система сбора бурового раствора и его кондиционирования. Она предусматривала использование комплекта металлических отстойников и емкостей, а также очистное оборудование (вибросито с крупной и малой сетками, песко- и илоотделитель и центрифуги). В процессе бурения осуществлялся систематический контроль за содержанием твердой фазы буровых растворов и работой системы очистки. Уходящий в отходы буровой шлам складировался в земляных котлованах, сооруженных на территории буровой, а после окончания бурения его смешивали с глиной и захороняли в этом же амбаре. Из ОБР, которые не поддавались восстановлению, отделяли водную фазу с помощью центрифуг. Таким образом, всего было получено 3500 м³ воды. Эту воду затем использовали для обработки остального объема ОБР с целью придания ему нужных технологических свойств. По мере наработки определенного объема ОБР, пригодного для дальнейшего использования, его перевозили на другие скважины для бурения. В результате этого стоимость повторного использования бурового раствора была гораздо ниже, чем вновь приготовленного.

В отечественной практике бурения повторное использование буровых растворов также находит широкое применение, особенно при кустовом бурении и в районах с развитой транспортной сетью. Однако это важное и экологически целесообразное направление утилизации ОБР не везде осуществимо из-за специфических природно-климатических и ландшафтных условий районов ведения буровых работ, значительной удаленности буровых друг от друга, что делает его экономически невыгодным мероприятием. Например, расчеты показывают, что затраты на

транспортировку ОБР на расстояние свыше 250 км начинают превышать стоимость раствора, приготовленного на месте.

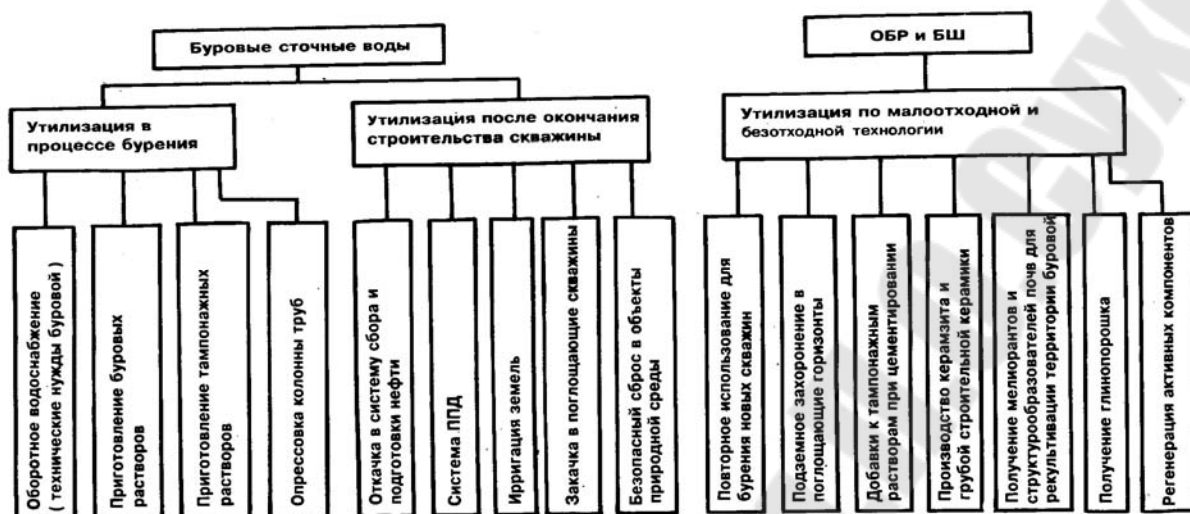


Рис. 9.2. Основные направления утилизации отходов бурения

Отечественными исследователями предложен метод утилизации ОБР, заключающийся в регенерации активных компонентов буровых растворов для получения из него глинопорошка. Был выполнен большой объем исследований, который показал принципиальную возможность получения из отходов бурения глинопорошка удовлетворительного качества.

В зарубежной практике известен способ регенерации некоторых химреагентов из отработанных буровых растворов путем обработки последнего специальными микроорганизмами и штаммами. Однако область его применения весьма ограничена из-за селективности действия используемых микроорганизмов и высокой чувствительности их к составу утилизируемого ОБР.

Перспективным направлением утилизации ОБР представляется его использование для крепления скважин. Здесь возможны два варианта. По первому варианту ОБР используется в качестве добавок к известным тампонажным материалам, традиционно применяемым в практике цементирования скважин, по второму – ОБР используется в качестве основного тампонажного материала. Так, фирма «Dresser Magcobar» разработала тампонажный материал, для приготовления которого использован ОБР на водной основе. Причем в составе ОБР допускается определенное содержание нефти и нефтепродуктов и утяжелителя. В отечественной практике к таким работам относятся работы по использованию ОБР для крепления скважин. С этой целью разработаны специальные отверждающие глинистые растворы (ОГР), выполняющие функции тампонажного камня при креплении скважин.

Заслуживает внимания способ утилизации ОБР, при котором очищенный ОБР используется в качестве основы удобряющих компостов и мелиорантов, предназначенных для внесения в почву при рекультивации шламовых амбаров и территории буровой, а также структурообразователя почвогрунтов. Пригодными для этих целей могут быть лишь буровые растворы, не содержащие нефти и нефтепродуктов, хроматов и токсичных для почв минеральных солей. Наиболее целесообразно использовать такие компосты и мелиоранты для солонцовых, песчаных и супесчаных почв, т. е. почв, обедненных глинистыми структурообразующими компонентами.

Наиболее прогрессивным направлением утилизации ОБР является их использование в качестве исходного сырья для получения изделий грубой строительной керамики, в частности, в производстве керамзита и глинистого кирпича. Предпосылкой этого служит компонентный состав ОБР, основу которого составляет глина, являющаяся главным компонентом бурового раствора и находящаяся в высокодисперсном состоянии. Глинистая фракция ОБР в основном представлена глиной высокого качества, что придает таким отходам хорошие технологические свойства. Исследованиями также показана не только принципиальная возможность получения из ОБР керамзита, но и реальное осуществление его производства на действующих заводах без изменения существующей технологии [28].

Рассмотренное направление утилизации отходов бурения является наиболее эффективным способом решения не только проблемы охраны окружающей среды, но и проблемы ресурсосбережения, так как позволяет вовлечь в народное хозяйство вторичные ресурсы.

Несмотря на рассмотренные преимущества утилизации отходов бурения, самым доступным является их ликвидация путем захоронения. Практикуется захоронение ОБР и шлама в специально отведенных местах:

- в глубоководных подземных горизонтах;
- в земляных амбарах непосредственно на территории буровой.

Захоронение отходов бурения в специально отведенных местах предусматривает использование для этих целей шламохранилищ, бросовых земель или оставшихся после разработки карьеров. Такое захоронение сопряжено со значительными транспортными расходами. Вместе с тем захоронение отходов по этому способу является единственно возможным вариантом решения природоохранной проблемы, например, в морском бурении, бурении в курортных и прибрежных водоохраных зонах.

Недостаточно распространен и метод захоронения жидких отходов, преимущественно ОБР, в глубокозалегающие подземные горизонты. Он может быть реализован только при соответствующих, в разрезе разбуриваемого месторождения, геологических условиях, обеспечивающих безопасное захоронение таких отходов. Необходимым и обязательным условием является наличие хорошо экранированных водонепроницаемых пластов с высокими емкостными свойствами, не имеющих гидродинамической связи с другими горизонтами. Кроме того, экономически целесообразно захоронение лишь в случае больших объемов закачки отходов, например, при кустовом бурении.

В США практикуется закачка ОБР через обсадные трубы или кольцевое пространство в глубокие пласты с соленой водой. Пресноводные и продуктивные пласты изолируются с помощью цемента и труб. Этот метод допустим в условиях жестких требований к пласту, намеченному для приема отходов, для исключения возможности их проникновения в другие объекты. Специалисты считают, что этот метод может стать одним из наиболее выгодных методов ликвидации отходов.

Для захоронения ОБР и БШ используются специально отведенные места, где сооружаются шламохранилища, главным образом на территории бросовых земель, исключенных из землепользования, карьеры после прекращения их разработки, а также специально сооружаемые и оборудованные хранилища. Существенным недостатком указанного метода являются значительные транспортные расходы на вывоз ОБР со скважин, так как такие места захоронения находятся на большом удалении от буровых.

В американской практике бурения известен и практикуется метод захоронения ОБР в земляных амбарах, стенки которых изолируются пленкой из полиэтилена и бентонитом. После заполнения амбара буровым раствором его засыпают минеральным грунтом, смешанным с бентонитом, наносят слой плодородной почвы и рекультивируют. Однако у нас в стране такой метод не получил должного распространения, хотя и заслуживает внимания [6].

Таким образом, утилизация отработанных буровых растворов и шлама производится по малоотходной и безотходной технологии и включает в себя следующие основные направления утилизации:

- 1) повторное использование для бурения новых скважин;
- 2) подземное захоронение в поглощающие горизонты;
- 3) добавки к тампонажным растворам при цементировании;
- 4) производство керамзита и грубой строительной керамики;

- 5) получение мелиорантов и структурообразователей почв для рекультивации территории буровой;
- 6) получение глинопорошка;
- 7) регенерация активных компонентов.

Анализ данной проблемы свидетельствует о том, что захоронение отходов бурения не решает полностью задачи защиты окружающей среды от загрязнения. Этот доступный и практически повсеместно используемый метод локализации отходов бурения является экологически оправданным лишь при условии обезвреживания захороняемой массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв. – Москва : Наука, 1985.
2. Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1980. – 204 с.
3. Андерсон, Д. М. Экология и наука об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек / Д. М. Андерсон. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1985. – 164 с.
4. Аширов, А. Ионнообменная очистка сточных вод, растворов и газов / А. Аширов. – Ленинград : Химия, 1983. – 286 с.
5. Бабенков, Е. Д. Очистка воды коагулянтами / Е. Д. Бабенков. – Москва : Наука, 1977. – 356 с.
6. Булатов, А. И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А. И. Булатов, П. П. Макаренко, В. Д. Шеметов. – Москва : Недра, 1997. – 483 с.
7. Гаев, А. Я. Подземное захоронение сточных вод на предприятиях газовой промышленности / А. Я. Гаев. – Москва : Недра, 1981. – 165 с.
8. Гвоздев, В. Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В. Д. Гвоздев, Б. С. Ксенофонтов. – Москва : Химия, 1988. – 112 с.
9. Голченко, М. Г. Орошение сточными водами / М. Г. Голченко, В. И. Железко. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 104 с.
10. Гусейнов, Т. И. Охрана природы при освоении морских нефтегазовых месторождений : справ. пособие / Т. И. Гусейнов, Р. Э. Алекперов. – Москва : Недра, 1989. – 142 с.
11. Дытнерский, Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация / Ю. И. Дытнерский. – Москва : Химия, 1978. – 352 с.
12. Жуков, А. И. Методы очистки производственных сточных вод / А. И. Жуков, М. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер. – Москва : Стройиздат, 1987. – 214 с.
13. Инструкция по инвентаризации источников выбросов вредных веществ в атмосферу предприятиями Министерства нефтяной и газовой промышленности. – Москва : 1989. – 26 с.
14. Квасников, Е. И. Микроорганизмы – деструкторы нефти в водных объектах / Е. И. Квасников, Т. Н. Ключникова. – Киев : Наукова думка, 1981. – 192 с.
15. Кесельман, Г. С. Защита окружающей среды при добыче, транспорте и хранении нефти и газа / Г. С. Кесельман, Э. А. Махмудбеков. – Москва : Недра, 1981. – 256 с.

16. Кульский, Л. А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды / Л. А. Кульский. – Киев : Наукова думка, 1980. – 168 с.
17. Лурье, Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье. – Москва : Химия, 1984. – 308 с.
18. Марымов, В. И. Использование промышленных сточных вод для орошения / В. И. Марымов. – Москва : Колос, 1982. – 72 с.
19. Мирзаев, Г. Г. Научно-методические основы инженерной экологии / Г. Г. Мирзаев, Б. А. Иванов, В. М. Щербаков. – Ленинград : Изд-во ЛГИ, 1982. – 87с.
20. Миронов, Е. А. Закачка сточных вод нефтяных месторождений в продуктивные и поглощающие горизонты / Е. А. Миронов. – Москва : Недра, 1986. – 168 с.
21. Мустафьев, А. М. Гидроциклоны в нефтегазодобывающей промышленности / А. М. Мустафьев, Б. М. Гутман. – Москва : Недра, 1981. – 259 с.
22. Одум, Ю. Экология / Ю. Одум. – Москва : Мир, 1986. – 740 с.
23. Панов, Г. Е. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной газовой промышленности / Г. Е. Панов, Л. Ф. Петряшин, Г. Н. Лысяный. – Москва : Недра, 1986. – 241 с.
24. Перельман, А. И. Геохимия биосферы и ноосферы / А. И. Перельман. – Москва : Наука, 1987. – 86 с.
25. Резниченко, И. Н. Приготовление, обработка и очистка буровых растворов / И. Н. Резниченко. – Москва : Недра, 1982. – 306 с.
26. Роде, А. А. Почвоведение / А. А. Роде, В. Н. Смирнов. – Москва : Высш. шк., 1982. – 508 с.
27. Розанов, Б. Г. Основы учения об окружающей среде / Б. Г. Розанов. – Москва : Изд-во МГУ, 1984. – 372 с.
28. Технология керамики и огнеупоров / под ред. П. П. Будникова. – Москва : Стройиздат, 1982. – 408 с.
29. Химуля, Г. В. Результаты многолетних наблюдений экологического состояния природных вод территории работ ПО «Белоруснефть» / Г. В. Химуля // Стратегия развития нефтедобывающей промышленности Республики Беларусь на 2000–2015 годы : материалы науч.-практ. конф. (14–17 сент. 1999 г.). – Гомель : ПО «Белоруснефть», 1999. – С. 419–423.

**Основные нормативно-методические материалы,
рекомендуемые при разработке рабочих проектов
«Охрана окружающей природной среды»**

30. Об охране окружающей среды : Закон Респ. Беларусь от 26 нояб. 1992 г. // сб. норматив. док. по вопросам охраны окружающей среды. – Вып. 6. – БелНИЦЭкология, 1993.

31. Об охране атмосферного воздуха : Закон Респ. Беларусь от 15 мая 1997 г. // сб. норматив. док. по вопросам охраны окружающей среды. – Вып. 18. – БелНИЦЭкология, 1997.

32. О государственной экологической экспертизе : Закон Респ. Беларусь от 18 июня 1993 г. // сб. норматив. док. по вопросам охраны окружающей среды. – Вып. 13. – БелНИЦЭкология, 1996.

Директивные документы

33. Об утверждении Положения о водоохраных полосах (зонах) малых рек Белорусской ССР : постановление Совмина БССР № 18 от 18 января 1983 г. // сб. норматив. док. по вопросам охраны окружающей среды. – Вып. 4.

34. О порядке учета, сбора, хранения и организации захоронения токсичных промышленных отходов предприятий и учреждений на территории РБ : постановление М-ва здравоохранения БССР № 11–2/1927 от 19 сент. 1990 г. // сб. норматив. док. по вопросам охраны окружающей среды. – Вып. 2. – БелНИЦЭкология, 1991.

Нормативные документы, ГОСТы, РД, СТП

35. Временный классификатор токсичных промышленных отходов и методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов : утв. Минздравом СССР 5 мая 1987 г. № 4286–87. – Москва, 1988. – 24 с.

36. ГОСТ 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – Введ. С 01.01.85. – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 4 с. ; УДК 502.3.006.354. Группа Т 58.

37. ГОСТ 17.4.3.06–86. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. – Введ. 01.07.87. – Москва : Изд-во стандартов, 1987. – 4 с. ; УДК 502.3:006.354. Группа Т 58.

38. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. – Санкт-Петербург : Фирма «Интеграл», 1995.

39. Правила санитарно-технической ликвидации (тампонажа) буровых скважин : утв. Госком. Совмина БССР по охране природы, Управлением геологии при Совете Министров БССР, Минздравом БССР : сб. – Вып. № 2. – 111 с.

40. Определение объемов отработанного бурового раствора ОБР, шлама и БСВ : РД 39–022–90 «Белоруснефть».

41. Технологические мероприятия по обработке отходов бурения с целью снижения загрязнения окружающей среды при строительстве скважин : СТП 00–087–89 «Белоруснефть».

42. Рекомендации по очистке буровых растворов при строительстве скважин : СТП 09100.17015.088–2004 БелНИПИнефть.

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Махнач Татьяна Анатольевна

ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

**для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка
и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»**

Электронный аналог печатного издания

Редактор

Н. Г. Мансурова

Компьютерная верстка

М. В. Лапицкий

Подписано в печать 12.05.08.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 5,81. Уч.-изд. л. 5,68.

Изд. № 134.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0131916 от 30.04.2004 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.