

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация морских месторождений нефти и газа является новым и самостоятельным направлением освоения природных ресурсов развития и ТЭК и представляет собой сложный технический и технологический комплекс геологических, геофизических, инженерно-геологических, промысловых, геохимических и экологических исследований, включая бурение и опробование поисковых и разведочных скважин. Работы в акватории морей и океанов значительно отличаются от работ на суше. Освоение морских ресурсов выполняется в сложных природных климатических, гидрологических и геологических условиях, имеет жесткие экологические ограничения, обусловленные существованием уязвимой и неустойчивой морской среды, близостью особо охраняемых природных территорий, наличием ценных биоресурсов и особенностями осенне-зимнего гидрологического режима морей.

В связи с этим актуальной задачей освоения морских ресурсов нефти и газа является обоснование оптимальных комплексов исследований для подготовки морских месторождений к эксплуатации, которые учитывали бы существующие в каждом морском регионе сложные природные климатические и геологические условия и обеспечивали промышленную эффективность и экологическую безопасность эксплуатации, добычи и транспортировки углеводородного сырья. Морские геологоразведочные исследования являются составной частью подготовительных работ по вводу месторождений нефти и газа в эксплуатацию в виде системы взаимосвязанных рациональных морских комплексов сеймостратиграфических, геолого-геофизических, инженерно-геологических, структурно-литологических, геохимических, промысловых и лабораторных исследований на всех этапах ГПР, объединённых необходимой логической сравнительно-исторической последовательностью и порядком их выполнения. Материалы работы применимы для использования при оптимизации геологоразведочных работах в морских акваториях, повышения уровня добычи и извлечения УВ (КИН) на морских месторождениях.

ГЛАВА 1

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Последние несколько десятков лет характеризуются активным освоением сырьевых ресурсов Мирового океана. За последние десятилетия 65% от общих прогнозных запасов углеводородов на земном шаре приходится на долю месторождений шельфовых областей Мирового океана.

1.1. Геолого-геофизическое изучение морских акваторий

До 2000 года объемы ГРП в пределах шельфа российских морей были незначительными (Баренцево, Охотское, Каспийское). Это связано с их трудной доступностью, обусловленной обширным мелководьем, гидрологическими осложнениями, наличием больших рыбоохранных зон. В российских секторах морей до 2000 года было выполнено более 45 тыс. пог. км сейсморазведки МОГТ и выявлено более 30 локальных структур, часть из которых была подготовлена к бурению. Для всестороннего изучения проблемы формирования и размещения морских залежей УВ привлекались материалы геологических и геофизических работ, выполненных на территории как акваторий, так и их ближайших обрамлений. Морские акватории характеризуются различной степенью изученности и освоения. Наименее изучены различными видами геофизических исследований и особенно глубоким бурением шельфовые части морских акваторий.

Обоснование направлений морских геологоразведочных работ осуществляется на базе материалов на прилегающей суше морей, изученных значительно лучше методами «геологической аналогии». При исследовании геологического строения сухопутных территорий применяются различные виды региональных и детальных геофизических работ (МОВ, МОВ ОГТ 2D и 3D, КМПВ, ГСЗ), гравиметрическая и магнитная региональные съемки, аэромагнитная съемка, опорное, структурное, структурно-параметрическое, поисковое, разведочное и эксплуатационное бурение. В результате значительных объемов работ в акваториях российских морей установлена промышленная нефтегазоносность аналогов их сухопутных обрамлений в разрезе осадочного чехла от палеозоя и мезозоя до неогена. Подавляющее большинство залежей установлено в юрско-меловых отложениях. Особенностью морских месторождений УВ является их многопластовость, наличие в единой структуре залежей различных комплексов и типов. Залежи в основном сводовые, пластовые, массивные, тектонически и литологически экранированные.

В регионе Каспийского моря, наиболее разведанного из всех морей, месторождения нефти и газа выявлены на западном и восточном обрамлениях, а также в пределах Южного, Среднего и Северного Каспия. Месторождения размещаются неравномерно на всей территории обрамления. Компактное раз-

мещение месторождений нефти и газа в Предгорном Дагестане, в Чечне, Прикумском районе Ставрополя и сопредельных районах Равнинного Дагестана, на юго-востоке Калмыкии и в Жетыбай-Узенской зоне обусловило создание в таких районах развитой инфраструктуры нефтегазодобычи и переработки УВ сырья (рис. 1.1).

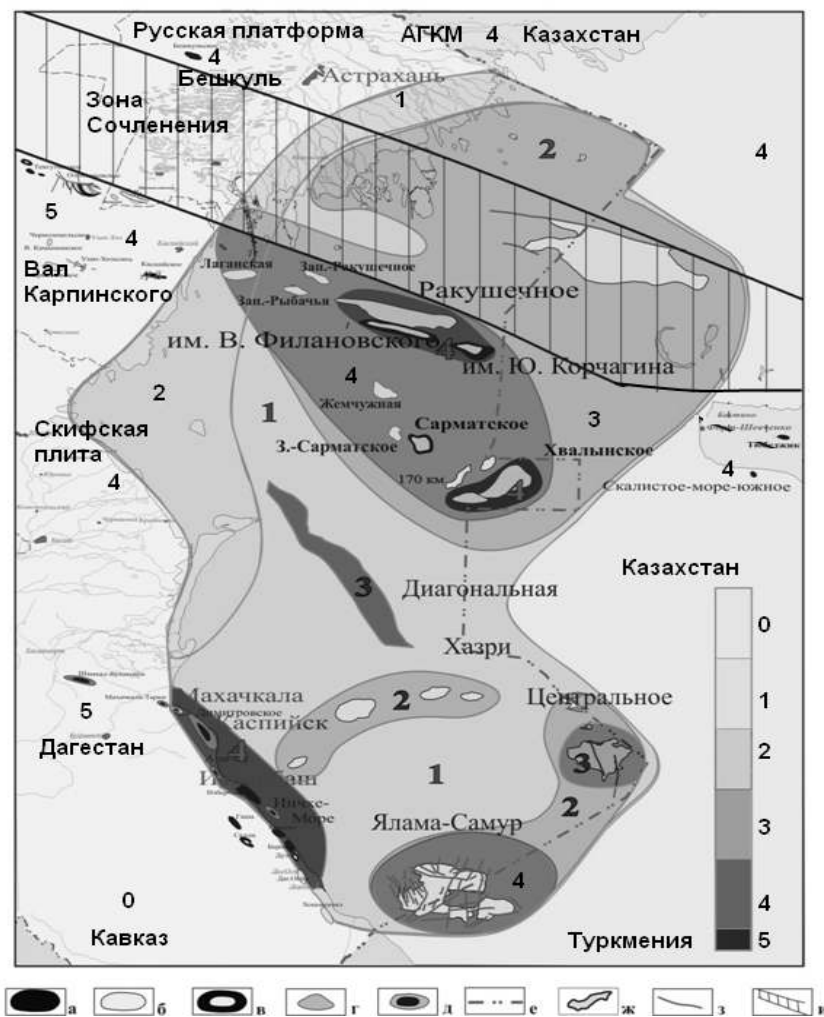


Рис. 1.1

Зональность освоения нефтегазоносных ресурсов Каспийского моря:

месторождения: а — нефтяные; б — газовые; в — газонефтяные; г — газоконденсатные; д — нефтегазоконденсатные; е — границы государственные; ж — структуры в акватории, подготовленные к бурению; з — разрывные нарушения; и — область бесперспективных на УВ земель (для моря). Степень освоенности (стадия ГРП): 0 — предлицензионный этап; 1 — региональный этап; 2 — этап подготовки структур под глубокое бурение; 3 — поисково-разведочный этап; 4 — стадия разработки; 5 — стадия ликвидации.

В пределах западного обрамления Каспийского моря продуктивными на нефть и газ являются: отложения карагана, чокрака, майкопа, фораминиферовые

слои, кампана, альба, апта на глубинах от 400 до 2000 м. В пределах Дагестанского клина нефтяные, газоконденсатные, нефтегазовые месторождения выявлены в верхнеюрских, ниже- и верхнемеловых и палеоген-неогеновых отложениях на глубинах от 400 до 5600 м, в основном в карбонатных породах. В республиках Чечне, Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Ингушетии продуктивными на нефть и газ отложениями являются оксфорд-титон, неоком-альб, верхний мел, фораминиферовые слои, майкоп, чокрак-караган, сармат на глубинах 50–6000 м. Основными продуктивными отложениями являются верхне-нижнемеловые. В прибрежных районах Ставропольского края и Равнинного Дагестана продуктивными на нефть и газ отложениями являются пермо-триас (нефтекумская свита), байос, бат, келловей, оксфорд, титон, неоком-апт, альб, маастрихт-кампан, палеоцен, эоцен, хадум, чокрак на глубинах от 600 до 5000 м. В пермо-триасовых отложениях (P2-T1) на глубинах от 3700 до 4950 м в био-гермных известняках нефтекумской свиты и анизийского яруса установлены залежи нефти и газоконденсата.

В прибрежных районах Калмыкии и юга Астраханской области продуктивными на нефть и газ отложениями являются апт, альб, маастрихт, аален-байос, оксфорд-титон, готерив, эоцен на глубинах от 180 до 2800 м.

На восточном обрамлении Каспийского моря геологоразведочными работами открыто в мезозойских отложениях более 40 месторождений, из которых 14 нефтяных, 13 газонефтяных и нефтегазовых, 8 нефтегазоконденсатных, 4 газовых и газоконденсатных. Продуктивными на нефть и газ являются все отделы триаса, аален, байос, бат, келловей, оксфорд-титон, неоком, апт, альб, сенман на глубинах от 240 до 3750 м. В юрских отложениях основные запасы нефти и газа связаны с J2-1 (Узень, Оймаша и др.), в терригенных отложениях которых выделяется до 13 продуктивных песчаных пластов толщиной от 10 до 170 м. Общий этаж нефтегазоносности достигает 500–700 м. Меловой комплекс наибольшее количество залежей (12) содержит на месторождениях Южного Мангышлака. Толщины отдельных продуктивных пластов составляют от 2 до 60 м, а в среднем до 30 м.

В акватории Каспийского моря геологические исследования, проводившиеся в регионе до 2000 года, включали геологические съёмки побережий и прилегающих мелководий в масштабах 1:50 000 и мельче, геоакустические работы для изучения верхней части разреза, картировочное, глубокое параметрическое и поисковое бурение, глубинное сейсмическое зондирование. Поисковое бурение проводилось лишь в пределах Дагестанского шельфа, где было открыто небольшое морское нефтяное месторождение Инхче-море с продуктивностью неогеновых (чокрак) отложений. На западном берегу Каспия (Калмыцкий сектор) выявлено месторождение Каспийское в песчаниках байосского яруса средней юры (3 нефтяные залежи). В пределах Северного Каспия в палеозойских отложениях (рифогенная постройка Приморского свода) выявлены уникальные по запасам нефти месторождения Тенгиз и Кашаган (Казахстанский сектор) в палеозойских отложениях.

Высокое качество геофизических разрезов позволило детально рассчитать осадочную толщу и впервые в акватории сформировать единое информа-

ционное пространство для построения детальной сейсмогеологической модели. С 2000 года по настоящее время на Среднем Каспии пробурено более 40 скважин на открытых месторождениях (продуктивны юрские и меловые отложения), а также на площадях Ялама-Самур, Диагональной, Тюб-Караган и других. В акватории Каспия средние и крупные по запасам нефтегазоконденсатные месторождения открыты в юрско-нижнемеловых отложениях: Хвалынское, им. Ю. Корчагина, им. В. Филановского, Ракушечное, Западно-Ракушечное, Морское, 170 км, Сарматское, Западно-Сарматское, Центральное (все в Среднем Каспии), Укатное (Северный Каспий) (рис. 1.1).

На основе выполненных геолого-геофизических работ формируются представления о геологическом строении морских регионов, составляются схемы тектонического и нефтегазогеологического районирования. Основными методами исследований являются следующие виды работ.

Сейсморазведка является основным видом работ в морских акваториях. Для съемок применяется полиуретановая коса — Synttron Synttrak, длиной от 4500 до 6000 м с числом каналов, равным 360–480, расстоянием между каналами от 12,5 м. Минимальный вынос от центра источника до ближайшей группы составлял 25 м, максимальный — 300 м. Контроль косы осуществлялся регуляторами глубины Synttron Multitrack в количестве 15-ти и датчиками глубины Strain gauge с точностью до 0,5 м. В качестве регистрирующего устройства применяется система Synttron с шагом дискретизации 1, 2, 4 мс и предварительным усилением — 12 дБ. В качестве источника энергии используются пушки Sleevegun, объемом 3000 куб. дюймов и рабочим давлением 2000 пск. Количество линий источников до 4 с индикатором глубины на каждую расстановку. Используется навигация — интегральная система СПЕКТРА, DGPS с 2 системами Skyfix и Deltafix. Проведение сейсмической съемки в поле сопровождается оперативной обработкой и контролем качества ведущими специалистами подрядчика и супервайзерами заказчика. Для обработки используется система ProMax с выводом разрезов на 24" плоттер. Такой подход позволяет добиться максимально высокого качества сейсмических материалов с хорошей прослеживаемостью и максимально возможной разрешенностью.

Аэромагнитная съемка в акваториях является эффективным видом работ. По результатам аэромагнитной съемки получают новые материалы по магнитному полю высокого качества, в аномальном магнитном поле отчетливо картируются глубинные разломы в земной коре.

Морская гравиразведка и магниторазведка проводится с точностью от 0,8 до 0,16 мгал. В результате этих работ строятся карты в редукциях Буге и в свободной системе. В последнее время материалы позволяют существенно уточнить структуру аномального магнитного поля в морских акваториях. На основании имеющихся структурных построений и результатов интерпретации гравиразведки и магниторазведки проводится комплексная интерпретация и изучается геологическое строение морского района работ с большой степенью достоверности.

Геохимическая съёмка осуществляется с целью прогнозирования залежей УВ в различных структурно-фациальных зонах миграционных просачиваний УВ на поверхность дна из глубоко погруженных горизонтов. В результате исследо-

ваний изучаются региональные закономерности распределения метана и его гомологов, углекислого газа, адсорбированных углеводородных и нейтральных газов; органического вещества и особенности состава битумов в донных осадках морей, составляются карты распределения метана, лёгких и тяжелых гомологов метана, CO_2 , литологические карты, выделяются перспективные на нефть и газ участки; изучаются распределение гранулометрических фракций (песка, алеврита, пелита) и минеральный состав осадков.

Электроразведочные работы ДНМЭ осуществляются для выделения и оконтуривания аномальных по поляризационным свойствам объектов, связанных с залежами УВ. Методика и техника ДНМЭ соответствуют требованиям, предъявляемым «Инструкцией по электроразведке». Экспресс-анализ материалов ДНМЭ и динамических особенностей полей отраженных волн проводится для оценки на качественном уровне перспектив нефтегазоносности разреза путем сопоставления геоэлектрических прогнозных параметров поляризации с динамическими особенностями поля отраженных волн.

1.2. Освоение нефтегазовых объектов морских акваторий

Под стадийностью выполнения комплексированных методов изучения нефтегазоносных объектов морских акваторий понимается синхронизация во времени (одновременное или последовательное) проведения различных видов исследований в течение какого-либо этапа региональных работ до завершения эксплуатации месторождений [36]. Освоение УВ ресурсов морской территории осуществляется в соответствии с устоявшейся в мировой и отечественной практике последовательностью (стадийностью) работ: от региональных комплексных геологосъемочных, геофизических и других работ до ликвидации объектов нефтедобычи. С точки зрения стадийности и комплексирования различных методов информационного обеспечения и сопровождения процессов освоения ресурсов, а затем и движения запасов нефтегазовых объектов, существуют различные подходы и системы классификации стадий и этапов. Поскольку целью изучения акваторий является комплексирование методов геологоразведочных работ (ГРП) для исследования морских нефтегазоносных объектов, работы, осуществляющиеся на стадиях ГРП и разработки месторождений, группируются и разделяются на этапы, которые обеспечивают сырьевую базу УВ ресурсами и запасами в акватории (табл. 1.1).

При этом учитывается специфика развития ГРП в акватории. Как показывает практика, освоение крупных морских объектов может быть синхронным во времени, охватывать только одну, несколько или все стадии сразу.

Цели такой дифференциации: определить рациональную последовательность решения задач различного уровня, оценить эффективность и качество работ на каждой стадии и выполнить планирование последующих направлений исследований. Такой подход позволяет определить эффективность работ на каждом этапе и контролировать смену одних исследований другими, а при необходимости и полное их прекращение.

Таблица 1.1

Модель освоения углеводородных ресурсов морских акваторий

| С | | Т | | А | | Д | | И | | И | |
|--|--------------|--|-----------|--|------------------------------|----------------------------|---|---|--|---|--|
| Геологоразведочных работ | | | | | | Разработки месторождений | | | | | |
| Э | | Т | | А | | П | | Ы | | | |
| Предлицензионный | Региональный | Подготовки структур | Поисковый | Разведочный | Обустройства месторождения | Эксплуатации месторождения | | | | | |
| Этапы, обеспечивающие сырьевую базу недропользователя УВ ресурсами | | | | | | | | | | | |
| Общая оценка территории | | Поиск новых месторождений | | | Разведка новых месторождений | | Доразведка старых и новых месторождений | | | | |
| Ресурсы категорий $D_2 - D_1$ | | Ресурсы и запасы категорий $C_3 - C_2 - C_1$ | | | Запасы категорий $C_2 - C_1$ | | Запасы категорий $C_2 - C_1 - B - A$ | | | | |
| Основные виды моделирования по степени изученности объекта | | | | | | | | | | | |
| Региональное (прогнозные и перспективные ресурсы категорий $D_2 - D_1 - C_3$) | | | | Детальное (промышленные запасы категорий $C_2 - C_1 - B - A$) | | | | | | | |

На рисунке 1.1 показана зональность, а в таблице 1.2 последовательность освоения ресурсов УВ в морских акваториях. Если исключить бесперспективные, малоперспективные и недоступные для сверхглубокого бурения территории, то этапность ГРП распределится следующим образом. На региональный этап приходится до 10% территории, на этап подготовки структур под глубокое бурение до 30%, на поисковый этап до 30%, на разведочный этап до 20%, на этап доразведки на стадии разработки месторождения до 10%.

На этапе проведения региональных сейсморазведочных работ появляется возможность формализовать процесс выделения зон нефтегазоносности и концентрировать поисковые работы на отдельных участках (площадях), экономя при этом значительные материальные и финансовые ресурсы. В районах активного ведения поисковых и разведочных работ региональные исследования могут возобновляться для изучения принципиально новых типов залежей с применением более совершенных технических средств.

Таблица 1.2

Стадии освоения морских акваторий

| Стадия освоения | Этап | Цели и задачи | Виды работ |
|---------------------------------|--------------------|--|---|
| Геологоразведочные работы (ГРП) | Предынвестиционный | Изучение общих черт геологического строения, качественная оценка перспектив нефтегазоносности территории. Принятие генерального решения о ее освоении или неосвоении, получение лицензии при положительном решении | Составление ТЭП, ТЭО, тематические исследования по анализу предшествовавших работ, оценка достоверности перспектив нефтегазоносности района |
| | | | |

| Стадия освоения | Этап | Цели и задачи | Виды работ |
|-----------------|--|---|--|
| | Региональный | Бассейновое моделирование. Количественная оценка перспектив нефтегазоносности — подсчет прогнозных запасов категории Д2, Д1. Тектоническое и нефтегазогеологическое районирование. Выбор основных направлений и первоочередных объектов дальнейших исследований | Региональные исследования: геологическая съемка, структурно-геоморфологические исследования, аэромагнитные, гравиразведка, электроразведка, сейсморазведка (КМПВ, ГСЗ и др.), геохимические, гидрогеологические. Опорное и параметрическое бурение |
| | Подготовка площадей к поисковому бурению | Детальное изучение строения выявленных перспективных ловушек и локальных структур и определение очередности их подготовки, выбор из числа подготовленных первоочередных площадей, подсчет ресурсов СЗ | Детальные исследования: структурное бурение, гравиразведка, электроразведка, сейсморазведка (МОГТ 2Д, 3Д) геохимические, гидрогеологические, аэрокосмические, инженерно-геологические |
| | Поиск месторождений УВ | Определение очередности ввода в поисковое бурение объектов. Выбор мест заложения поисковых скважин на подготовленных объектах. Получение промышленных притоков нефти и газа. Изучение геологического строения и обоснование подсчетных параметров выявленных залежей, подсчет геологических запасов категорий С1, С2 месторождения. Выбор объектов и этажей разведки. | Поисковое бурение, промыслово-геофизические исследования скважин, опробование и испытание нефтегазонасыщенных пластов |
| | Разведка и доразведка месторождений УВ | Подготовка к разработке, доразведка, геометризация, оценка достоверности значений геолого-промысловых, фильтрационных и других параметров. ТЭО КИН. Подсчет (уточнение) геологических и извлекаемых запасов категории В, С ₁ | Разведочное бурение, промыслово-геофизические и гидродинамические исследования скважин, опытно-промышленная эксплуатация залежей, скважин |
| Разработки | Обустройство месторождений | Определение очередности проведения ОПЭ среди выявленных объектов разведки (доразведки) | Бурение эксплуатационных скважин по схеме ОПЭ. Опытная эксплуатация скважин (ОПЭ) |

| Стадия освоения | Этап | Цели и задачи | Виды работ |
|--------------------------------------|--|--|---|
| Эксплуатация и добыча | Эксплуатация месторождений | Разработка месторождения с максимальным извлечением УВ ресурсов, подсчет (уточнение) запасов по категориям А, В. Выявление объектов доизучения и доразведки месторождений с целью получения дополнительного прироста запасов и добычи нефти и газа. Разработка месторождения с максимальным извлечением УВ ресурсов, подсчет (уточнение) запасов по категориям А, В. Выявление объектов доизучения и доразведки месторождений с целью получения дополнительного прироста запасов и добычи нефти и газа | Бурение эксплуатационных скважин по технологической схеме и по проекту разработки месторождения, строительство трубопроводов, мероприятия по интенсификации добычи, контроль за разработкой, танкерные перевозки, подземный и капитальный ремонт скважин. Проведение адресных сейсморазведочных исследований и бурение разведочных (возможно, поисковых) скважин в пределах пропущенных залежей и невыявленных частей месторождений |
| | Добыча УВ сырья | Извлечение нефти и газа (КИН), системы транспортировки | |
| Первичная обработка | Первичная обработка УВ | Развертывание строительства объектов нефтяной и химической промышленности по обработке и транспорту УВ как на море, так и на прилегающей суше, нефтепереработка вблизи места добычи УВ и первичная подготовка УВ к транспортировке | Инженерно-геологические изыскания для подготовки строительных площадок, строительство нефтеперегонных и нефтеперерабатывающих заводов, портовых терминалов, прокладка трубопроводов, переработка и транспорт УВ (внутрипромысловый и дальний), танкерные перевозки |
| | Транспорт УВ | | |
| Переработка УВ | Строительство и эксплуатация нефтеперерабатывающих заводов (прибрежная зона) | | |
| Ликвидация эксплуатационных объектов | | Сворачивание объектов нефтегазовой отрасли, возвращение лицензии, отчет о выполнении лицензионных обязательств | Консервация, ликвидация скважин, демонтаж платформ, трубопроводов, нефтехранилищ, реабилитация нарушенных территорий |

| Стадия освоения | Этап | Цели и задачи | Виды работ |
|-----------------|------|--|--|
| Постпроектная | | Анализ реализации лицензионных соглашений, сопоставление результатов реализованных и планировавшихся параметров на всех стадиях освоения ресурсов УВ | Составление отчета о реализации планировавшихся и реализованных работ и обязательств по возвращаемому лицензионному соглашению параметров. Оценка ущерба, нанесенного недрам и ОПС за весь цикл освоения объекта |

После ввода в эксплуатацию основных залежей (например, в юрско-меловых отложениях) разведочные и поисковые работы могут проводиться на других объектах данного месторождения, которые находятся в более глубоких отложениях, в неантиклинальных ловушках мезозойско-кайнозойского возраста и т. д. Приведенная схема этапности работ не исключает применение методик ускоренных (опережающих) поисков и разведки при наличии достаточных для этого предпосылок.

В самом разделении и последовательности этапов заложена идея оптимизации процесса путем управления на основе объективных критериев и прежде всего выполнения или невыполнения задач каждого этапа. Соответственно объемы необходимой информации (геологической, геофизической, геохимической) каждого этапа ГРП должны быть строго выдержаны, и недопустимо переносить нерешенные задачи предыдущего этапа на последующий. Недополученная информация на каком-либо этапе неминуемо возвращает недропользователя спустя некоторое время на необходимость получения уточненной информации, но уже с экономическими и временными потерями [16]. Для получения конечного результата — реального знания о резервуаре во всей его сложности строения и максимального извлечения из него УВ (КИН) важны все этапы, но если месторождение открыто на ранних этапах, то процесс разведки становится самым необходимым, поскольку позволяет достоверно оценить его геолого-гидродинамическую модель, запасы промышленных категорий и подготовить к эксплуатации с достоверными технологическими параметрами. Таким образом, в основе геолого-экономической оценки геологоразведочного процесса на различных этапах лежит степень и качество изученности региона, зоны поднятий, месторождения, залежи. Существующие в морских акваториях природные, гидрологические, геологические и экологические условия значительно осложняют проведение геологоразведочных работ по стандартной методологии. В связи с этим важным является выявление проблемных факторов и морских условий и их учет при оптимизации эксплуатационного комплекса геолого-геофизических и промысловых исследований.

В новых морских регионах начало геологоразведочных работ совпадает с выходом бурения на большие по площади структуры, что на начальном этапе освоения акватории вполне закономерно обеспечивает высокую эффективность

работ. Однако с исчерпанием фонда крупных структур на доступных глубинах и с переходом на средние и мелкие, а также сокращением запасов по мере разбуривания уже открытых крупных месторождений будет возникать потребность в более рациональном соблюдении стадийности ГРП.

Как правило, по геологическим данным месторождения в акватории моря осложнены системой субширотных и субмеридиональных сбросов и сбросо-сдвигов, унаследованных от палеозойских (гранитных) фундаментов (так называемые системы горизонтального сдвига фундамента), и имеют разломно-блоковое строение [13]. Практика ГРП на сопредельной суше свидетельствует, что такое сложное геологическое строение становится очевидным только после бурения первых вертикальных скважин, а в окончательном мелкоблоковом виде — после десятков скважин различного назначения. Пробуренные в акватории скважины меняют стратегические ориентиры эксплуатации. Так, первоначальная стратегия морских работ строится, как правило, на гипотезе о преимущественно простом пликативном строении месторождений.

На региональном в ограниченном количестве и полностью на поисково-разведочном этапах научное сопровождение ГРП должно быть направлено в основном, на определение перспектив нефтегазоносности (с составлением генерализованных схем) осадочных генерационно-аккумуляционных систем, установление роли разрывной тектоники в формировании приразломных структур и залежей нефти и газа, обоснование направленных поисков нефтяных, нефтегазовых, газоконденсатных и газовых залежей с прогнозом физико-химических свойств флюидов будущих месторождений, установление режима и рациональной разработки месторождений, на системный анализ и комплексную интерпретацию исследований на каждом этапе работ и т. д. Например, планирование ГРП на ранних этапах освоения территории по данным раздельного прогноза нефте- и газоносности позволяет заранее определить профиль будущего хозяйственного объекта с точки зрения преимущественной нефте- или газодобычи.

На морских месторождениях необходимо осуществлять в полном объеме поисковый и особенно разведочный этапы. Учитывая разломно-блоковое строение, месторождения и подготавливаемые структуры должны детализироваться сейсморазведкой 3D. С развитием трехмерной сейсморазведки, позволяющей получить детальную геометрию структур на глубине, у геологов появился новый мощный инструмент для диагностики разрывных нарушений. Поэтому в подавляющем большинстве крупные компании России и США и других стран на протяжении последних двух десятилетий для повышения точности оценки перспектив добычи нефти и газа в районах со сложной тектонической обстановкой (в первую очередь дизъюнктивная нарушенность) сразу переходят к трехмерным сейсмическим исследованиям (3D), позволяющим картировать и прослеживать системы разломов и приуроченных к ним залежей УВ сложного типа.

Региональный этап ведения геологоразведочных работ в акватории моря предшествует поисковому этапу и проводится до тех пор, пока остаются неизученными значительные по площади территории и существуют благоприятные предпосылки для обнаружения новых перспективных комплексов на неосвоен-

ных глубинах и в зонах нефтегазонакопления в слабоизученных районах. Выбор территорий, реально перспективных для поисков нефти и газа, является важной стратегической задачей любой крупной компании. При этом особенно актуальными становятся вопросы научного обоснования и отдельного прогноза нефтегазоносности неизученных бурением отложений и участков акватории (до и после приобретения лицензии). На данном этапе ведется изучение основных геолого-геофизических особенностей лицензионных и прилегающих к ним территорий, а также качественная и количественная оценка перспектив нефтегазоносности недр. Конечная цель исследований на региональном этапе в пределах акватории — выделение и обоснование приоритетных направлений и первоочередных объектов ГРП.

Поисково-оценочный этап. Целью поисково-оценочных работ является обнаружение новых месторождений нефти и газа или новых залежей на ранее открытых месторождениях и оценка их запасов по сумме категорий С1 и С2. Поисково-оценочный этап разделяется на стадии: выявления объектов поискового бурения, подготовки объектов к поисковому бурению, поиска и оценки месторождений (залежей). На стадии выявления объектов поискового бурения типовой комплекс работ включает:

- дешифрирование материалов аэрофото- и космических съемок локального и детального уровней генерализации;
- структурно-геологическую (структурно-геоморфологическую) съемку;
- гравиразведку, магниторазведку и электроразведку;
- сейсморазведку по системе взаимосвязанных профилей;
- бурение структурных скважин;
- специальные работы и исследования по прогнозу геологического разреза и прямым поискам.

На стадии подготовки объектов к поисковому бурению типовой комплекс работ включает:

- высокоточную гравиразведку и детальную электроразведку;
- детальную сейсморазведку;
- бурение структурных скважин.

На территории морских акваторий на подэтапе подготовки объектов к поисковому бурению проводятся сейсмические исследования 2D и 3D, инженерно-геологические исследования. Выдаются паспорта на ряд структур, на которые составляются проекты на строительство поисковых скважин. Реализуется и подэтап поиска и оценки месторождений: на большинстве подготовленных структур бурения поисковые скважины. Оперативно обобщаются материалы бурения и исследования скважин. Проводятся исследования по обобщению геолого-геофизического материала после бурения каждой новой скважины.

На поисковом этапе обеспечиваются обнаружение новых месторождений нефти и газа и оценка их промышленной значимости, изучение основных этапов развития и условий формирования ловушек различного типа и закономерностей их распространения; создание типичных трехмерных геологических моделей при анализе конкретных поисковых структур различного типа; разработка адресных объектов ГРП в пределах выделенных и обоснованных струк-

турных зон, валов, миграционных путей и т. д. Поисковый этап делится на два подэтапа: выявление и подготовка объектов к поисковому бурению; поиск и оценка месторождений. На подэтапе подготовки объектов к поисковому бурению проводятся сейсмические исследования 2D и 3D, редко применяемые в настоящее время структурно-поисковое бурение и инженерно-геологические исследования.

Степень изученности объектов соответствует категориям ресурсов Д1–С3.

Подэтап поиска и оценки залежей УВ считается завершенным, если степень изученности позволяет подсчитать запасы по категориям С1 и С2 и провести оценку промышленной значимости месторождения. С этого подэтапа моделирование залежей осуществляется на протяжении всего периода жизни морского месторождения [16].

На данном этапе основной проблемой является неопределенность скоростной модели среды, что существенно влияет на точность структурных построений. В то же время к выбору точки для бурения в морских условиях следует подходить особенно обоснованно. Это обусловлено высокой стоимостью самого бурения, жесткими экологическими требованиями, необходимостью проведения большеобъемных и долгосрочных мероприятий до начала самого бурения (экологические и гидрометеорологические изыскания, инженерно-геологические изыскания, разработка проекта и прохождения экологической экспертизы и экспертизы промышленной безопасности и согласований на федеральном уровне).

Разведочный этап ставит целью подготовку морского месторождения (залежи) к разработке и изучение характеристик выявленных залежей, обеспечивающих утверждение запасов нефти и газа в государственной комиссии по запасам в необходимых соотношениях. Разведочный этап делится на четыре подэтапа: предварительная и детальная разведка, опытно-промышленная эксплуатация (ОПЭ) и эксплуатационная разведка. На данном этапе изученности месторождение считается подготовленным к промышленной разработке. Материалы подсчета по нему представляются в федеральные экспертные органы, которые дают заключение относительно готовности его к промышленному освоению.

Подэтап эксплуатационной разведки завершает стадию морских ГРП: предусматривается доразведка выявленных месторождений за счет бурения (сгущения сети) эксплуатационных скважин.

На разведочном этапе осуществляется подготовка морского месторождения к промышленному освоению (эксплуатации) с уточнением комплекса параметров для подсчета разведанных запасов УВ по категориям С1 и С2 и проектирования разработки; уточнение внешнего и внутреннего геологического строения объекта, изучение пространственных изменений в нем коллекторских свойств и нефтенасыщенности, установление геометрии контактов и т. д. Такие задачи решаются путем комплексирования всех имеющихся в распоряжении специалистов геолого-геофизических данных.

На разведочном этапе рассматриваются объекты, степень изученности которых соответствует категориям ресурсов и величине запасов достигла кате-

горий С2 и С1 (на крупных и со сложным строением объектах). На данном этапе одной из наиболее важных задач является оперативное уточнение формы продуктивных поднятий и определение распространения пластов-коллекторов и покрышек. Причинами для проведения таких работ являются либо проведение уточняющих сейсморазведочных работ (уплотнение сетки профилей, ВСП, переинтерпретация данных сейсморазведки), либо данные по вновь пробуренным скважинам. Эффективным инструментом для выполнения подобных работ является детальная геологическая модель залежи (месторождения). Наличие и актуализация такой модели на этапе доизучения сложнопостроенных залежей нефти является эффективным средством обоснования оперативных решений по доразведке и разработке месторождений. Создаваемая на этом этапе геологическая модель позволяет оперативно пополнять базу данных, контролировать структурные планы с учетом данных сейсморазведки и эксплуатационного бурения, уточнять и корректировать контуры нефтегазоносности, морфологию и положение разрывных нарушений, границы зон литологического замещения коллекторов, проводить оперативную оценку запасов и распределение запасов по объектам разработки.

При моделировании структур и залежей УВ на этих этапах исключительную важность приобретает решение вопросов их перспективности и надежности подготовки, особенностей их строения и истории развития в условиях недостаточной изученности, а также достоверности оценки их запасов. С внедрением компьютерных технологий появилась возможность разработки моделей взаимного расположения залежей УВ и прогноза месторождений с использованием программ компьютерного моделирования путем комплексирования всех имеющихся в распоряжении специалистов разнообразных геолого-геофизических данных, их проверки и совершенствования до требуемого уровня детальности с целью выявления в конечном итоге наиболее вероятного положения неоткрытого месторождения, оценки его размеров, состава флюида, глубины залегания залежей, их запасов (ресурсов) и т. д.

Результаты интерпретации данных сейсморазведки, ГИС и керн, разнообразные карты и корреляции, а также неформализованные знания и опыт геологов могут совместно использоваться для построения интегрированной модели. Для этой цели создаются цифровые трехмерные модели разнообразных природных объектов. С внедрением трехмерных геологических моделей в методике поисков и разведке месторождений нефти и газа радикально меняется направленность поисково-разведочного процесса, глубина (объем), скорость и качество обработки информации: с каждым новым ее поступлением скорость принятия решения по любому вопросу сокращается до минимума. Отсюда реальные предпосылки для резкого увеличения коэффициента успешности поисков и разведки месторождений, залежей нефти и газа и доведения его до уровня, когда каждое новое месторождение или залежь будут открываться первой же скважиной.

Стадия разработки месторождений нефти и газа наступает после завершения разведочных работ и прохождения государственной экспертизы запасов, составления проекта опытно-промышленной эксплуатации и утверждения его

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru