

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ  
ГЕОЛОГИЯ КАК НАУКА  
И ЕЕ ЗАДАЧИ

---

**Глава I**  
**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ**  
**НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОЙ**  
**ГЕОЛОГИИ**

**§ 1. НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ**

Нефтегазопромисловая геология — прикладная наука: это отрасль геологии, занимающаяся детальным изучением месторождений и залежей нефти, газа и газоконденсата в начальном (естественном) состоянии и в процессе разработки для определения их народнохозяйственного значения и рационального использования недр. Из этого определения видно, что нефтегазопромисловая геология подходит к изучению месторождений и залежей углеводородов (УВ) с двух точек зрения.

Во-первых, залежи УВ изучаются в статическом состоянии как природные геологические объекты. Целями такого изучения являются технико-экономические обоснование ценности залежи, получение необходимой геолого-промысловой информации для проектирования разработки и геологического обоснования системы и показателей будущей разработки.

Во-вторых, залежи УВ изучаются в динамическом состоянии, так как в них при эксплуатации происходят процессы движения нефти, газа и воды к забоям добывающих и от забоев нагнетательных скважин. Особенности динамики этих процессов обуславливаются естественными геологическими свойствами залежи (т.е. свойствами в статическом состоянии) и характеристиками запроектованной системы разработки. Другими словами, залежь нефти и газа, введенная в разработку, представляет собой неразрывное целое, состоящее уже из двух компонентов: геологической (сама залежь) и

технической (система разработки). Это целое называют геолого-техническим комплексом (ГТК). Изучение залежей нефти, газа и газоконденсата требует проведения комплекса специальных наблюдений и научных исследований в процессе подготовки залежей к разработке и при реализации утвержденных схем или проектов разработки. Определение направлений различных работ и исследований, выбор методов анализа и обобщений информации, соответствующих целям и задачам работ, имеют огромное значение для получения наиболее достоверных представлений о залежах и протекающих в них процессах, а следовательно, и для повышения эффективности разработки. При подходе к залежи как к статическому геологическому объекту используется информация, поступающая в результате разведки, а также при разбуривании залежи по запроектированной эксплуатационной сети скважин.

Залежь рассматривают в динамике на основе специальных наблюдений и замеров в добывающих, нагнетательных, наблюдательных, контрольных и других скважинах, а также на поверхностных инженерно-технических объектах. Влияние геологических условий на технико-экономические характеристики системы разработки определяется путем специальных исследований, проведения опытных работ и обобщения опыта разработки.

Таким образом, значение нефтегазопромысловой геологии состоит в обобщении и анализе всесторонней информации о месторождениях и залежах нефти и газа как объектах народнохозяйственной деятельности с целью геологического обоснования наиболее эффективных способов организации этой деятельности, обеспечения рационального использования и охраны недр и окружающей среды.

## **§ 2. ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОЛОГИИ**

В развитии нефтегазопромысловой геологии, неразрывно связанном с развитием теории и практики разработки нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений, можно выделить несколько периодов.

Первый период — дореволюционный — от зарождения нефтяной промышленности (официальная дата возникновения нефтяной промышленности в России — 1871 г.) до 1918 г.

В этот период добыча нефти в России почти полностью была сосредоточена на Апшеронском полуострове и в Майкопском районе. Первоначально нефть добывали бадьями из вырытых вручную колодцев. Первые скважины глубиной 40—70 м, давшие фонтаны нефти, были пробурены на Кубани (1864 г., Кудак) и на Апшеронском полуострове (1869 г., Балаханы).

Как правило, вскрытая нефтенасыщенная толщина пластов достигала 1—3 м. Каких-либо принципов разработки месторождений в этот период не было. Оценка значимости нефтеносных земель производилась отдельными лицами и нередко носила спекулятивный характер.

В тот период господствовала гипотеза американского геолога Бриггса, выдвинутая им в 1868 г., согласно которой единственной силой, продвигающей нефть к забоям скважин, могла быть лишь сила упругости газа, растворенного в нефти. Считалось, что влияние работы каждой скважины может распространяться в пласте на очень небольшое расстояние.

Но в работах крупных ученых и инженеров на этом этапе можно найти элементы методики подсчета запасов, основ методики промышленной разведки и эффективной технологии добычи нефти.

Так, в 1888 г. геолог А.М. Коншин впервые произвел подсчет запасов нефти, применив объемный метод. В начале 90-х годов прошлого века он на основе анализа статистических данных об изменении дебитов скважин во времени подсчитал запасы четырех площадей Бакинского района. Очевидно, эта работа послужила основанием для построения этим автором кривых падения дебитов и использования их при расчетах будущей добычи (так называемый метод кривых). В США подобные кривые для калифорнийских месторождений нефти были предложены Р. Арнольдом и Р. Андерсоном в 1908 г.

В 1905 г. И.Н. Стрижев подсчитал объемным методом запасы нефти в Грозненском районе.

В 1910—1912 гг. выходят из печати работы по Майкопскому нефтяному району И.М. Губкина, который по праву считается основоположником нефтяной геологической науки в нашей стране. Тогда И.М. Губкин впервые объяснил механизм образования рукавообразных залежей и ввел понятие о стратиграфических залежах нефти. Ему же принадлежит приоритет в создании в этот период метода построения структурных карт, в том числе наклонных. В 1910—1917 гг. С.И. Чарноцкий усовершенствовал метод кривых. Он пред-

ложил способ расчета начальных дебитов скважин в зависимости от средней степени уплотнения их сети.

К рассматриваемому периоду относятся и первые геофизические исследования скважин. В 1906–1916 гг. геолог Д.В. Голубятников производил измерения температуры пластов более чем в 300 нефтяных скважинах Азербайджана и Дагестана. Он впервые установил возможность использования геотермии для решения некоторых нефтепромысловых задач.

Второй период – с 1918 по 1931 г. Нефтяная промышленность страны быстро развивается. Уже в первые годы после национализации нефтяной промышленности (1920 г.) в результате резкого увеличения объемов разведочного бурения был открыт ряд новых высокопродуктивных месторождений как в Бакинском, так и в других районах; значительно возросла глубина добывающих скважин. Это обеспечило увеличение добычи нефти в стране.

Начинается создание научных основ рациональной разведки и разработки нефтяных месторождений.

Важнейшим событием этого периода было прошедшее в Москве в 1925 г. Всесоюзное совещание по вопросам охраны и рационального использования нефтяных залежей. На этом совещании М.В. Абрамович впервые в мире поставил вопрос о рациональной системе разработки нефтеносного пласта-резервуара как отдельного эксплуатационного объекта. В 1927 г. он опубликовал первую классификацию известных к тому времени систем разработки нефтяных месторождений

В 1928 г. вышла работа М.Ф. Мирчинка "Производственные перспективы свиты V пласта Биби-Эйбата (о методах оценки нефтяных залежей)". В ней автор рекомендовал выявлять и изучать естественные, геологические факты, влияющие на производительность скважин, и отграничивать их от искусственных, зависящих от деятельности человека.

К 1927–1930 гг. относится ряд работ В.В. Билибина. Он использовал для подсчета запасов нефти и анализа разработки нефтяных залежей методы математической статистики, что позволило созданный ранее метод кривых сделать более надежным, поскольку появилась возможность количественно оценивать точность и определять границы применения кривых. Накопленный материал был обобщен В.В. Билибиным в книге "Методы математической статистики в подсчете подземных запасов нефти", изданной в 1930 г. Это была первая работа, посвященная применению математических методов при решении промыслово-геологических задач.

В апреле–мае 1930 г. комиссия под руководством И.М. Губкина, рассматривая вопросы разработки Новогрозненского месторождения, сделала ряд выводов об активной роли высоконапорных пластовых вод, о существовании активной гидравлической связи между областью разработки пласта и областью его питания несмотря на то, что они расположены на больших расстояниях друг от друга, и др.

С 1924 г. в стране начинаются систематические работы по подсчету запасов нефти в основных нефтяных районах страны. В 1925 г. была организована специальная комиссия Геологического комитета для руководства работой по созданию эффективной классификации запасов нефти.

В 1927 г. М.В. Абрамович впервые предложил выделять в классификации запасов категории запасов по степени их разведанности.

В 1928 г. классификация запасов, в основу которой положена степень их разведанности, была утверждена Геологическим комитетом в качестве временной.

В 1921 г. начал теоретические и экспериментальные исследования академик Л.С. Лейбензон — основатель советской школы ученых, работающих в области нефтяной подземной гидравлики.

В этот же период грозненскими геологами Н.Т. Линдтропом, В.М. Николаевым, М.Г. Танасевичем, М.М. Чарыгиным, С.Н. Шаньгиным и другими был опубликован ряд работ, способствовавших ускоренному развитию представлений об условиях залегания и извлечения нефти из недр. В этих работах было установлено, что главной силой, движущей нефть к забоям скважин в наиболее продуктивных пластах грозненских месторождений, является напор краевых вод и что газ в пластовых условиях растворен в нефти и никакой активной роли, вопреки гипотезе Бриггса, не играет.

Таким образом, в рассмотренный период были начаты работы по созданию методики оценки ценности залежей нефти, а также заложены основы современных представлений о режимах нефтяных и газовых залежей.

Третий период — с 1931 по 1940 г. Растущие потребности практики стимулировали развитие начавшихся в предшествующем периоде исследований по вопросам разработки нефтяных месторождений, совершенствования методов получения геологической информации, а также ее анализа и обобщения.

В 1937 г. М.А. Жданов и С.В. Шумилин впервые подсчитали запасы газа по б. СССР в целом. Кроме объемного мето-

да был широко использован метод подсчета запасов газа по падению давления.

С 1929 г. в стране для составления непрерывных разрезов скважин стали применять геофизический метод кажущегося удельного электрического сопротивления пород. В 1931 г. советскими геофизиками и сотрудниками фирмы "Шлюмберже" был разработан второй метод электрометрии скважин — метод потенциалов собственной поляризации пород. С этого времени скважинная геофизика начинает быстро развиваться, повышается ее роль в изучении геологических разрезов скважин.

Развиваются также гидродинамические методы. В результате начатых в 1935 г. исследований в ГрозНИИ была разработана гидравлическая теория пластовых водонапорных систем, подвергнута критике теория существования постоянного ограниченного радиуса влияния скважины, исследованы особенности работы скважин при различных формах и размерах контура области питания.

В 1936—1939 гг. В.Н. Щелкачевым создана новая теория взаимодействия скважин, изучены особенности различных систем их расстановки.

В начале 30-х годов В.П. Яковлев провел большую работу и внес ряд ценных предложений по методике исследования скважин и пластов. Он, в частности, указал на необходимость учета сжимаемости жидкости в пластовых условиях.

В середине 30-х годов В.М. Барышев и А.Н. Снарский в АзНИИ, А.А. Болтышев и Т.Л. Михайлов в ГрозНИИ сконструировали "опытные пласты" — модели, на которых изучались законы фильтрации негазированной и газированной жидкости, взаимодействия скважин, изменения коэффициентов продуктивности и т.п.

В эти же годы начали проводить свои исследования специалисты по гидродинамике А.М. Пирвердян, Г.Б. Пыхачев, Б.Б. Лапук и др.

Интенсивное развитие гидродинамической теории, повышение технической вооруженности нефтедобывающей промышленности и совершенствование методов исследований скважин и пластов обусловили повышение требований к промысловому геологу, что сопровождалось расширением его функций. Геолог теперь принимает активное участие в решении вопросов заложения скважин и геологического контроля за их бурением, освоением и эксплуатацией; важнейших проблем рациональной разработки нефтяных залежей, подсчета запасов, геологической интерпретации результатов ге-

офизических и гидродинамических исследований скважин; планирования нефтедобычи. Все это определило формирование нефтепромыслового геолога нового профиля, существенно отличающегося от профиля геолога-нефтяника поисковой специализации.

В 1933 г. вышел написанный коллективом авторов под редакцией М.В. Никитина первый учебник "Нефтепромысловая геология" для высшего учебного заведения. В нем были систематизированы основные направления и задачи нефтепромысловой геологии.

В августе 1933 г. в Баку проходил I Всесоюзный съезд ВНИТО нефтяников. В выступлениях на съезде крупнейших геологов страны уже назывались элементы системного подхода к решению задач нефтегазопромысловой геологии. Так, И.М. Губкин критиковал инженеров-промысловиков за то, что они занимаются "не эксплуатацией пласта и месторождения в целом, а эксплуатацией нефтяных скважин как механических агрегатов, как изолированных объектов производства". В.М. Николаев говорил, что при изучении режимов нефтяного пласта следует рассматривать пласт как некоторое пространство, в котором происходит ряд взаимодействующих физических явлений, создающих определенные условия продвижения нефти к забоям скважин.

В рассматриваемый период продолжались работы по совершенствованию классификации запасов нефти и газа. В 1932 г. И.М. Губкин предложил классификацию, которая была положена в основу оценки запасов нефти и газа при составлении пластов развития отрасли и действовала до 1942 г.

В 1935 г. была создана Центральная комиссия по запасам полезных ископаемых. Позже эта комиссия стала называться Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ГКЗ СССР).

Важнейшим событием третьего периода, явившимся переломным в развитии нефтегазопромысловой геологии, было Всесоюзное совещание нефтяников в феврале 1938 г. в Баку. Принятые на совещании решения послужили основанием для организационной перестройки геологической службы на промыслах, предусматривающей обязательное участие геологической службы в разбуривании и эксплуатации месторождений и ответственность ее за эти процессы.

В круг обязанностей промыслового геолога-производственника были включены: установление правильного режима эксплуатации скважин и контроль за его выполнением; установление и анализ режима эксплуатации нефтяных горизон-

тов; организация наблюдений за взаимовлиянием скважин, за разработкой горизонтов значительной толщины, подразделяемых на эксплуатационные объекты; контроль за изменением пластового давления; учет добычи нефти, газа и воды по каждой скважине; контроль за проведением замеров буферного, затрубного, трапного давления и решение ряда других вопросов по наблюдению за эксплуатацией скважин и пластов.

В третьем и четвертом периодах интенсивные научные исследования в области оценки нефтегазонасыщенности недр, детального изучения сложной тектоники нефтяных месторождений на юге страны, изучения условий обводнения залежей при разработке, оценке запасов проводил М.А. Жданов, который с 1936 г. возглавлял кафедру разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений в Московском нефтяном институте. Позднее, в 1959 г., под руководством М.А. Жданова здесь была организована первая в стране кафедра нефтепромысловой геологии, заведующим которой он оставался вплоть до 1974 г.

Таким образом, третий период характеризовался важнейшими событиями — введением в программы вузов курса нефтегазопромысловой геологии, созданием первого учебника по этому курсу, официальным организационным оформлением геологической службы на нефтяных промыслах и определением ее главных задач.

Четвертый период — с 1941 по 1950 г. Он включает годы Великой Отечественной войны. Особенность развития нефтяной промышленности в этот период заключалась в том, что широко разворачивались работы по развитию теории разработки нефтяных залежей и подземной гидравлики.

В начале периода Л.С. Лейбензон и Б.Б. Лапук организовали группу специалистов-геологов, гидродинамиков, экономистов для создания научно обоснованной методики проектирования рациональной разработки нефтяных и газовых месторождений. Эта проблема приобрела особую остроту в связи с тем, что были открыты и вводились в разработку месторождения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, геологические условия которых отличались от кавказских месторождений.

Позже группа была реорганизована в Проектно-исследовательское бюро при Московском нефтяном институте под руководством А.П. Крылова. Это бюро за годы войны провело важные работы по проектированию разработки многих нефтяных и газовых месторождений и по созданию теорети-



ческих основ проектирования, анализа и регулирования разработки нефтяных и газовых месторождений. В итоге в 1948 г. вышли в свет две монографии: "Научные основы разработки нефтяных месторождений" (авторы А.П. Крылов, М.М. Глогровский, М.Ф. Мирчинк, Н.М. Николаевский, И.А. Чарный были удостоены за этот труд Государственной премии СССР) и "Теоретические основы разработки месторождений природных газов" (автор Б.Б. Лапук).

В этих монографиях были сформулированы основы подхода к проектированию разработки, согласно которому при выборе рациональной системы разработки необходимо: 1) учитывать геологические особенности месторождения; 2) на основе гидродинамических расчетов выбирать рациональные варианты расстановки добывающих и нагнетательных скважин применительно к выявленным геологическим особенностям, рассчитывать дебиты, пластовые и забойные давления; 3) определять технико-экономические показатели различных вариантов размещения скважин и на этой основе выбирать оптимальный вариант.

Установление важной роли геологических данных в проектировании разработки месторождений нефти и газа сказалось на дальнейшем развитии промыслово-геологических исследований.

В 1942 г. была утверждена новая классификация запасов нефти и газа, в основу которой была положена степень изученности (разведанности) залежей. Впервые была разработана инструкция по применению классификации запасов.

В 1946 г. вышла в свет монография М.Ф. Мирчинка "Нефтепромысловая геология", в которой с учетом новой роли промысловой геологии в решении задач разработки нефтяных месторождений был обобщен опыт промыслово-геологической деятельности, накопленный как в нашей стране, так и за рубежом (преимущественно в США) за последние годы.

Идеи, теоретические разработки и методы, описанные в названных выше трех монографиях, явились исходными для создания в последующие периоды современной методологии проектирования разработки и ее осуществления на конкретных нефтяных и газовых месторождениях страны.

Рассмотренные четыре периода развития нефтегазопромысловой геологии составляют этап, характерная особенность которого — эксплуатация залежей на естественном (природном) режиме, когда процессы разработки определя-

ются прежде всего расходом энергетических ресурсов самих продуктивных пластов. В конце этапа были подготовлены условия для принципиального изменения технологии добычи нефти — применения искусственного заводнения залежей. Выдающийся вклад в развитие нефтепромысловой геологии на этом этапе внес академик И.М. Губкин. Его труды уже многие десятилетия не теряют своей актуальности. Большое значение для развития методов контроля и регулирования разработки на естественных режимах имели работы М.В. Абрамовича, М.А. Жданова, М.И. Максимовича, В.С. Мелик-Пашаева, А.Н. Мустафинова, С.Т. Овнатанова, А.А. Трофимука и др.

Пятый период — с 1950 по 1990 г. Важной особенностью этого продолжительного периода является быстрое развитие нефтегазодобывающей промышленности, связанное с открытием большого числа нефтяных и газовых месторождений в новых районах страны, вовлечение их в разработку и накопление новых данных, органически вошедших в научный фонд нефтегазопромысловой геологии. В этот период активно развивается нефтегазодобывающая промышленность в районах Волго-Урала, Западной Сибири, Северного Кавказа. Открываются новые месторождения в старых нефтяных районах — в Азербайджане, Казахстане, на Украине.

Характерное для этого периода широкое внедрение новой технологии разработки нефтяных месторождений, основанной на применении заводнения, поставило перед промысловой геологией новые задачи, которые во многом изменили саму суть этой дисциплины. Главным стало изучение влияния геолого-промысловых факторов на разработку процессов, протекающих в продуктивных пластах при вытеснении нефти закачиваемой водой.

Теоретическое обоснование методов поддержания пластового давления связано с именами А.П. Крылова, Ф.А. Требина, И.А. Чарного, В.Н. Щелкачева, а дальнейшее развитие этих методов — с именами М.Т. Абасова, Ю.П. Борисова, Г.Г. Вахитова, Ю.В. Желтова, Ю.П. Желтова, В.Д. Лысенко, Э.Д. Мухарского, М.М. Саттарова, М.Л. Сургучева, В.В. Орлова, Б.Ф. Сазонова и др.

В создании, внедрении и развитии методов поддержания давления, анализа и регулирования разработки залежей нефти в этих условиях большую роль сыграли промысловые геологи Ф.А. Бегишев, В.В. Денисевич, Н.С. Ерофеев, М.М. Иванова, М.И. Максимов, В.С. Мелик-Пашаев, М.Ф. Мирчинк, А.Н. Мустафинов, Г.П. Ованесов, С.Т. Овнатанов, Б.А. Тхос-

тов, А.А. Трофимчук, Э.М. Халимов, А.И. Цатуров, М.З. Черномордиков, И.П. Чоловский и др.

Благодаря совместным усилиям производителей и ученых, нефтяная промышленность в короткие сроки получила комплекс методов и средств контроля за процессами, происходящими в продуктивных пластах при заводнении. В этот комплекс вошли методы геолого-промыслового анализа и обобщения информации, получаемой средствами собственно промысловой геологии, активно развивающихся скважинной геофизики, гидродинамики, физико-химии и др.

Накопившийся опыт разработки послужил основой для проведения исследований по изучению влияния различных геологических факторов на характер протекающих в пластах процессов, на текущие и конечные показатели разработки, на выбор систем разработки с разными видами заводнения, плотностями и размещением скважин. Исследованием влияния геологических факторов занимались ведущие нефтегазопромысловые геологи страны К.Б. Аширов, М.М. Иванова, И.П. Чоловский, В.С. Мелик-Пашаев, М.И. Максимов, а позднее — В.И. Азаматов, В.В. Воинов, В.К. Гомзиков, О.К. Обухов, Е.И. Семин, В.В. Стасенков, В.И. Гавура и др.

В решении этих вопросов активное участие принимали такие геологи-производители, руководители геологической службы в Министерстве нефтяной промышленности и на местах, как В.Д. Викторин, Е.П. Ефремов, Р.Х. Муслимов, Н.Н. Лисовский, Ю.Б. Фаин, В.М. Юдин, Х.Б. Юсуф-Заде и др. Крупный научный вклад в развитие промыслово-геологической интерпретации результатов геофизических исследований скважин внесли С.А. Султанов, Б.М. Орлинский, Н.М. Свихнушин и др.

Исследования, связанные с разработкой методики выделения эксплуатационных объектов в разрезах многопластовых нефтяных и газовых месторождений провели Н.Е. Быков, В.Г. Каналин и др.

С 1953 — 1955 гг. начинаются широкие исследования по применению вероятностно-статистических методов и ЭВМ для решения задач нефтегазопромысловой геологии. Эти методы становятся высокоэффективным инструментом собственно геологических исследований, описания геологических объектов, средством оптимизации и автоматизации различных работ, обобщения опыта разработки. Существенный вклад в эти исследования внесли В.И. Аронов, В.А. Бадьянов, А.Б. Багиров, Л.Ф. Дементьев, И.С. Гутман, Е.А. Хитров, Ю.В. Шурубор и др.

С конца 50-х годов начинается интенсивное развитие газовой промышленности страны. Были открыты новые месторождения газа на севере Тюменской области и в Оренбургской области, в Средней Азии, Ставропольском крае и других районах страны.

В 1956 г. газовая промышленность становится самостоятельной областью народного хозяйства.

Научные достижения в области промыслово-геологического изучения и проектирования разработки нефтяных месторождений способствовали ускоренному решению этих вопросов для газовых месторождений. В настоящее время созданы газодинамические методы расчета изменения во времени необходимого числа газовых скважин, пластовых, забойных и устьевых давлений, приближенные методы расчета продвижения контурных или подошвенных вод и решен ряд других задач с учетом промыслово-геологической информации.

Развитие теории и практики добычи газа повлекло за собой проведение промысловых геологических исследований на газовых месторождениях.

В развитие газопромысловой геологии, в совершенствование методов изучения строения газовых залежей, подсчета запасов газа, геологического обоснования проектов разработки газовых и газоконденсатных месторождений существенный вклад внесли такие геологи, как К.А. Белов, З.Г. Борисенко, И.С. Гутман, В.И. Ермаков, И.П. Жабрев, М.А. Жданов, А.Л. Козлов, В.П. Савченко, М.Н. Сосон, Ю.В. Терновой, Н.В. Черский и др.

В результате сегодня геологическая дисциплина, возникшая как нефтепромысловая геология, с полным основанием называется нефтегазопромысловой геологией.

Пятый период характеризуется активизацией мер по подготовке специалистов нефтегазопромысловой геологии и других специальностей. Нефтегазовые вузы были созданы практически во всех республиках с развитой нефтяной и газовой промышленностью. Для студентов специализации "нефтегазопромысловая геология" были изданы учебники, полностью отвечающие требованиям времени — по подсчету запасов (И.С. Гутман — 1985 г.) и по нефтегазопромысловой геологии и геологическим основам разработки месторождений (М.М. Иванова, Л.Ф. Деменьтьев, И.П. Чоловский — 1985 г.).

В 1963 г. была создана Центральная комиссия по разработке нефтяных месторождений страны во главе с С.А. Оруджеввым. В состав комиссии вошли ведущие специалисты в области технологии разработки, промысловой геологии, эко-

номики. Комиссии было поручено рассмотрение всех проектных документов на разработку нефтяных месторождений, анализов разработки, всех методологических документов в этой области.

Десятилетием позже подобная Комиссия была создана и по разработке газовых месторождений.

Центральной комиссией по разработке нефтяных месторождений проведена целая серия Всесоюзных совещаний по принципиальным проблемам освоения месторождений, которые формировали очередные задачи всех направлений деятельности, в том числе и промысловой геологии.

В работе комиссии, в ее Московских и выездных заседаниях участвовал широкий круг специалистов, благодаря чему она стала своеобразной школой для технологов, промысловых геологов и работников родственных направлений отрасли.

Шестой период – с 1991 г. по настоящее время. Этот период знаменателен важными изменениями в жизни страны и в состоянии ее сырьевой базы. Выделение России в самостоятельное государство обусловило необходимость сосредоточить внимание главным образом на нефтяных месторождениях Западной Сибири, Волго-Уральского региона, Северного Кавказа, Астраханской области, Восточной Сибири.

В первых трех регионах многие длительно разрабатываемые месторождения вступили в позднюю стадию разработки с быстрым ростом обводнения продукции и падением добычи нефти. Возросла важность работ по геолого-промысловому постадийному анализу разработки и обоснованию технологических мероприятий по доработке, по применению арсенала методов увеличения нефтеотдачи.

Фонд разрабатываемых в России залежей нефти пополняется за счет новых месторождений и залежей известных месторождений в основном с трудно извлекаемыми запасами.

В условиях рыночных отношений особую остроту приобретает вопрос возможно более полного использования недр этих месторождений при ограничивающем влиянии современных экономических требований.

Научным обоснованием и практическим решением этих задач занимается армия специалистов промыслово-геологических и технологических служб научных подразделений и производственных компаний и организаций. Большую роль играет Центральная Комиссия по разработке нефтяных месторождений (первый зам. председателя Н.Н. Лисовский, ученый секретарь П.Ф. Храмов).

По существу, выделенный шестой этап является перелом-

ным в истории развития нефтяной промышленности, так как возникла необходимость принципиально нового решения таких вопросов, как вскрытие пластов при бурении, поиск новых методов воздействия на нефтяные пласты, поиск методов доразработки высокообводненных залежей, методов управления разработкой и др. В этих условиях задачи всех областей наук, в том числе и промысловой геологии, резко усложнились.

### **§ 3. СВЯЗЬ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОЛОГИИ С ДРУГИМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ И СМЕЖНЫМИ НАУКАМИ**

С точки зрения промысловой геологии залежь нефти или газа следует рассматривать как часть пространства, в которой накладываются друг на друга результаты многообразных геологических, физических, гидродинамических и других процессов, действовавших в природе и происходящих во время разработки залежи. Поэтому залежь следует изучать во многих аспектах.

Особенность нефтегазопромысловой геологии заключается в том, что она широко использует теоретические представления и фактические данные, получаемые методами других наук, и в своих выводах и обобщениях очень часто опирается на закономерности, установленные в рамках смежных наук.

Так, данные об условиях залегания продуктивных пластов в первую очередь поступают в результате сейсмических исследований. При вскрытии залежи скважинами эти данные уточняются методами структурной геологии. Поднятые из скважин керн, пробы нефти, газа, воды исследуются методами литологии и физики пласта. Важным источником информации о свойствах пород служат данные промысловой геофизики, а также результаты гидродинамических исследований скважин.

Обобщая различную информацию об условиях залегания и свойствах нефтегазонасыщенных пород, промысловый геолог в значительной степени опирается на теоретические представления, законы тектоники, стратиграфии, петрографии, гидрогеологии, подземной гидравлики и ряда других наук. Анализируя и обобщая количественные и качественные

данные, современный промысловый геолог широко использует математические методы и ЭВМ.

Таким образом, науки, изучающие залежи нефти и газа в различных аспектах, составляют значительную часть теоретического и методического фундамента нефтегазопромысловой геологии.

Вместе с тем нефтегазопромысловая геология изучает залежь нефти или газа, подготавливаемую к разработке или находящуюся в разработке, решает задачи комплексом соответствующих методов.

Большое место в промысловой геологии принадлежит обоснованию рационального комплексирования методов — своих и смежных наук — для получения, анализа и обобщения информации о строении нефтегазоносных пластов и залежей в целом, о путях движения нефти, газа, воды внутри залежи при ее эксплуатации, о текущих и конечных коэффициентах нефтеизвлечения и т.п.

Результаты промыслово-геологических исследований оказывают существенное влияние на смежные науки, способствуя их обогащению и дальнейшему развитию. Разнообразные виды исследовательской и производственной деятельности, а также промыслово-геологический научный анализ ее результатов обязательно и в большом количестве доставляют новые факты, служащие для подтверждения и дальнейшего развития взглядов и теории, составляющих содержание смежных наук. При этом нефтегазопромысловая геология ставит перед смежными науками новые задачи, тем самым в еще большей степени способствуя их развитию.

## **Глава II**

### **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА**

### **НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОЙ**

### **ГЕОЛОГИИ**

#### **§ 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

#### **НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОЛОГИИ**

Цель нефтегазопромысловой геологии заключается в геологическом обосновании наиболее эффективной деятельности по добыче нефти и газа и повышению использования недр.

Основная цель разбивается на ряд компонент, к которым относятся промыслово-геологическое моделирование залежей, подсчет запасов нефти, газа, конденсата и ценных сопутных компонентов, геологическое обоснование систем разработки нефтяных и газовых месторождений, геологическое обоснование мероприятий по повышению нефте-, газо- или конденсатоотдачи, обеспечение комплекса наблюдений в процессе разведки и разработки охраны недр месторождений.

Другой вид компонент — сопутствующие цели, которые направлены на более эффективное достижение основной цели. К ним относятся геологическое обслуживание процесса бурения и эксплуатации скважин, а также внутренние цели нефтегазопромысловой геологии, такие, как совершенствование собственной методологии и методической базы.

Задачи нефтегазопромысловой геологии состоят в получении информации об объекте исследований, в поисках закономерностей, объединяющих наблюдаемые разрозненные факты о строении и функционировании залежи в единое целое, в выработке правил рационального проведения исследований, в создании методов обработки, обобщения и анализа результатов наблюдений и исследований, в оценке эффективности этих методов в различных геологических условиях и т.д.

Среди этого множества могут быть выделены задачи трех типов: 1) конкретно-научные, 2) методические, 3) методологические.

Решение конкретно-научных задач направлено на изучение конкретного геолого-технического комплекса. Сюда входят следующие задачи:

1. Изучение состава и свойств горных пород, слагающих продуктивные отложения, состава и свойств нефти, газа и воды, геологических и термодинамических условий их залегания и закономерностей их изменчивости в пределах изучаемого объекта.

2. Выявление первичной структуры залежи — выделение слоев, пластов, горизонтов зон замещения коллекторов, изучение пликативных, дизъюнктивных и инъективных дислокаций, зон с разным характером нефтегазонасыщения и т.д.

3. Установление кондиций и других граничных значений естественных геологических тел (например, для разделения высоко-, средне- и низкопродуктивных пород). В совокупности с задачами второй группы это позволяет оценить запасы нефти и газа и их размещение в объеме залежи.



4. Построение классификации геолого-технических комплексов по множеству признаков. Следует подчеркнуть, что только генетические классификации залежей углеводородов недостаточны для нефтегазопромысловой геологии. При ее построении должны учитываться преобразования, вызываемые процессом разработки.

5. Изучение особенностей и характера вытеснения нефти и газа водой или другими агентами в условиях конкретной залежи с ее неоднородностью, свойствами пластовых флюидов и примененной системой разработки, изучение охвата пластов воздействием, путей перемещения нефти, газа и воды в пластах, характера размещения остаточных запасов нефти или газа на каждом новом этапе и т.д.

6. Изучение влияния строения и свойств залежи на эффективность систем разработки (устойчивость отборов нефти и газа, темпов разработки, себестоимости продукции, проектная нефтеотдача и др.).

Методические задачи — совершенствование известных и создание новых методов решения конкретно-научных задач, в том числе:

1. Совершенствование методов проведения наблюдений, решение вопросов определения необходимого и достаточного числа наблюдений, плотности сети и периодичности наблюдений, организации опробования, построения материальных моделей и их использования для получения и сбора информации на всех стадиях подготовки, проектирования и функционирования ГТК.

2. Развитие методов обобщения информации и описания залежей и месторождений: словесное описание, отображение с помощью различных графических средств (построение схем, профилей, карт, графиков, блок-диаграмм и т.п.), формализованное описание (с помощью средств математики), т.е. развитие методики построения различных моделей, отображающих отдельные стороны ГТК.

3. Совершенствование методик промыслово-геологического прогнозирования запасов и показателей разработки, геологического обоснования проектов и действующих систем разработки, промыслово-геологических методов оценки текущей и конечной нефтегазоотдачи и т.п.

В методологические задачи нефтегазопромысловой геологии входят следующие:

1. Оценка эффективности различных методов решения конкретно-научных задач нефтегазопромысловой геологии; анализ возможности и целесообразности применения новых

методов и подходов, например таких, как системно-структурный подход; анализ их связи с традиционными представлениями нефтегазопромысловой геологии.

2. Анализ содержания, сущности исследований промысловой геологии: выяснение, как и с какими науками она связана, как можно использовать опыт других наук. Анализ таких функциональных связей позволяет выявить участие нефтегазопромысловой геологии в процессах дифференциации и интеграции научного знания, ее вклад в общественную практику.

3. Анализ сущности взаимодействия геологии, техники и экономики; определение роли, значимости каждой из этих компонент прикладного научного знания в решении конкретно-научных, методических и социальных вопросов при проведении промыслово-геологических исследований.

В последнее время активизирующая роль методологических исследований в общем прогрессе науки стала особенно очевидной, в связи с чем им стали уделять значительное внимание.

## **§ 2. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОМЫСЛОВО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Источниками первичной информации в нефтегазопромысловой геологии служат исследования разными методами, объединенные общей решаемой задачей.

**Изучение керна, шлама, проб нефти, газа и воды** в лабораториях с помощью специальных приборов — основной источник прямой информации о геолого-физических свойствах пород и физико-химических свойствах УВ и пластовой воды. Получение этой информации затруднено тем, что пластовые условия (давление, температура и др.) отличаются от лабораторных и поэтому свойства образцов пород и флюидов, определенные в лабораторных условиях, существенно отличаются от тех же свойств в пластовых условиях. Отбор проб с сохранением пластовых условий весьма затруднителен. В настоящее время существуют герметичные пробоотборники только для пластовых нефтей и вод. Пересчет результатов лабораторного определения на пластовые условия может производиться с помощью графиков, построенных на основе данных специальных исследований.

**Исследование скважин геофизическими методами (ГИС)** осуществляется в целях изучения геологических разрезов

скважин, исследования технического состояния скважин, контроля за изменением нефтегазонасыщенности пластов в процессе разработки.

Для изучения геологических разрезов скважин используются электрические, магнитные, радиоактивные, термические, акустические, механические, геохимические и другие методы, основанные на изучении физических естественных и искусственных полей различной природы. Результаты исследования скважин фиксируются в виде диаграмм либо точечной характеристики геофизических параметров: кажущегося электрического сопротивления, потенциалов собственной и вызванной поляризации пород, интенсивности гамма-излучения, плотности тепловых и надтепловых нейтронов, температуры и др. Теория геофизических методов и выявленные петрофизические зависимости позволяют проводить интерпретацию результатов исследований. В итоге решаются следующие задачи: определения литолого-петрографической характеристики пород; расчленения разреза и выявления геофизических реперов; выделения коллекторов и установления условий их залегания, толщины и коллекторских свойств; определения характера насыщения пород — нефтью, газом, водой; количественной оценки нефтегазонасыщенности и др.

Для изучения технического состояния скважин применяются: инклинометрия — определение углов и азимутов искривления скважин; кавернометрия — установление изменений диаметра скважин; цементометрия — определение по данным термического, радиоактивного и акустического методов высоты подъема, характера распределения цемента в затрубном пространстве и степени его сцепления с горными породами; выявление мест притоков и затрубной циркуляции вод в скважинах электрическим, термическим и радиоактивным методами.

Контроль за изменением характера насыщения пород в результате эксплуатации залежи по данным промысловой геофизики осуществляется на основе исследований различными методами радиоактивного каротажа в обсаженных скважинах и электрического — в необсаженных.

В последние годы получают все большее развитие детальные сейсмические исследования, приносящие важную информацию о строении залежей.

**Гидродинамические методы исследования скважин** применяются для определения физических свойств и продуктивности пластов-коллекторов на основе выявления характера связи дебитов скважин с давлением в пластах. Эти связи

описываются математическими уравнениями, в которые входят физические параметры пласта и некоторые характеристики скважин. Установив на основе гидродинамических исследований фактическую зависимость дебитов от перепадов давлений в скважинах, можно решить эти уравнения относительно искомых параметров пласта и скважин. Кроме того, эта группа методов позволяет выявлять в пластах гидродинамические (литологические) экраны, устанавливая степень связи залежи нефти и газа с законтурной областью и с учетом этого определять природный режим залежи.

Применяют три основных метода гидродинамических исследований скважин и пластов: изучение восстановления пластового давления, метод установившихся отборов жидкости из скважин, определение взаимодействия скважин.

**Наблюдения за работой добывающих и нагнетательных скважин.** В процессе разработки залежи получают данные об изменении дебитов и приемственности скважин и пластов, обводненности добывающих скважин, химического состава добываемых вод, пластового давления, состояния фонда скважин и другие, на основании которых осуществляются контроль и регулирование разработки.

Важно подчеркнуть, что для изучения каждого из свойств залежи можно применить несколько методов получения информации. Например, коллекторские свойства пласта в районе расположения скважины определяют по изучению керна, по данным геофизических методов и по данным гидродинамических исследований. При этом достигается разная масштабность определений этими методами — соответственно по образцу породы, по интервалам толщины пласта, по пласту в целом. Значение свойства, охарактеризованного несколькими методами, определяют, используя методику увязки разнородных данных.

Для контроля за свойствами залежи, изменяющимися в процессе ее эксплуатации, необходимые исследования должны проводиться периодически.

По каждой залежи, в зависимости от ее особенностей, должен обосновываться свой комплекс методов получения информации, в котором могут преобладать те или иные методы.

Надежность получаемой информации зависит от количества точек исследования. Представления о свойствах залежи, полученные по небольшому числу разведочных скважин и по большому числу эксплуатационных, обычно существенно различны. Очевидно, что более надежна информация по большему количеству точек.

### § 3. СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

**В эмпирические средства** нефтегазопромысловой геологии входят в первую очередь скважины, а затем различные инструменты, приборы и лабораторные установки. Среди этих средств следует назвать колонковые долота для отбора керна, боковые сверлящие и стреляющие грунтоносы, пластовые пробоотборники и опробователи пластов, различные геофизические зонды, инклинометры, глубинные манометры, дебитометры и расходомеры, лабораторные установки для определения геолого-геофизических свойств пород и физико-химических свойств флюидов.

Наблюдения, проводимые по скважинам в процессе эксплуатации залежей, являются важным и обильным источником информации о структуре залежи, эффективности системы разработки, позволяющим обосновывать мероприятия по ее совершенствованию.

**Материальное моделирование.** Средства для получения косвенной информации — специально создаваемые в лабораторных условиях искусственные модели пластов и протекающих в них процессов. Например, модель пласта в виде металлической трубы, заполненной песком, насыщенным нефтью, широко применяется для изучения процессов сжигания нефти методом создания внутрипластового очага горения. Она позволяет измерять и регулировать параметры процесса, изучать условия его устойчивости, устанавливать конечные результаты, которые затем с соблюдением требований теории подобия могут быть перенесены на реальные пласты.

Другой вид моделей — натуральная модель в виде хорошо изученной залежи или ее участка с протекающими в ней процессами или явлениями.

Метод натурального моделирования широко применяется, например при внедрении новых методов повышения нефтеотдачи пластов. Прежде чем внедрить тот или иной метод в промышленных масштабах, его применяют на небольшом опытном участке залежи, где проверяется эффективность метода и отрабатывается технология. Опытный участок выбирается таким образом, чтобы промыслово-геологическая характеристика пласта в пределах участка была типичной в целом для залежи. В этом случае часть нефтегазоносного пласта в пределах участка выступает как натурная модель, являясь природным аналогом объектов, на которых предполагается применение испытываемого метода.

**Проведение производственного эксперимента в процессе**

**разработки залежи.** При этом источником необходимой информации служит сам эксплуатируемый объект. Так, на Ромашкинском месторождении проводились промысловые эксперименты по ускорению создания сплошного фронта заводнения на линии нагнетания воды; на Бавлинском месторождении осуществлен эксперимент по разрежению сетки добывающих скважин в 2 раза по сравнению с запроектированной плотностью с целью изучения влияния плотности сетки на величины текущих отборов и конечной нефтеотдачи.

#### **§ 4. МЕТОДЫ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА И ОБОБЩЕНИЯ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Обобщение информации может происходить как на эмпирическом, так и на теоретическом уровне. Как уже отмечалось, теоретические методы нефтегазопромысловой геологии в значительной мере используют теоретические положения смежных геологических и технических наук, таких как тектоника, стратиграфия, петрография, геохимия, подземная гидромеханика, физика пласта и другие, а также экономика. Вместе с тем недостаточное развитие теоретических методов вызывает широкое использование эмпирических зависимостей. Основным методом обобщения эмпирического материала в нефтегазопромысловой геологии служит метод моделирования.

Реальное геологическое пространство, содержащее бесконечное множество точек, является непрерывным. На практике же геологическое пространство представляется конечным множеством точек, т.е. является дискретным, неполноопределенным.

Неполноопределенное дискретное пространство используется для построения непрерывного геологического пространства, в котором значения представляющих интерес признаков каким-либо способом (путем интерполяции, экстраполяции, корреляции и т.п.) определены для каждой точки. Такое пространство будет полноопределенным. Переход от неполноопределенного пространства к полноопределенному есть процедура моделирования реального геологического пространства.

Следовательно, полученная модель является всего лишь представлением исследователя о реальном геологическом про-

странстве, составленным по ограниченному числу точек наблюдения.

Процедура моделирования реального геологического пространства является основной частью промыслово-геологического моделирования залежей, отражающего все их особенности, влияющие на разработку.

Различают два вида промыслово-геологических моделей залежей. Это статические и динамические модели.

Статическая модель отражает все промыслово-геологические свойства залежи в ее природном виде, не затронутым процессом разработки:

- геометрию начальных внешних границ залежи;
- условия залегания пород коллекторов в пределах залежи;
- границы залежи с разным характером нефтегазоводонасыщенности коллекторов;
- границы частей залежи с разными емкостно-фильтрационными параметрами пород-коллекторов в пластовых условиях.

Эти направления моделирования, составляющие геометризацию залежей, дополняются данными о свойствах в пластовых условиях нефти, газа, воды, о термобарических условиях залежи, о природном режиме и его потенциальной эффективности при разработке (энергетическая характеристика залежи) и др.

Статическая модель постепенно уточняется и детализируется на базе дополнительных данных, получаемых при разведке и разработке залежи.

Динамическая модель характеризует промыслово-геологические особенности залежи в процессе ее разработки. Она составляется на базе статической модели, но отражает изменения, произошедшие в результате отбора определенной части запасов углеводородов, при этом фиксируются:

- текущие внешние границы залежи;
- соответственно границы "промытого" водой или другими агентами объема залежи (при системах разработки с искусственным воздействием на пласты);
- границы участков залежи, не включенных в процесс дренирования;
- фактическая динамика годовых показателей разработки за истекший период;
- состояние фонда скважин;
- текущие термобарические условия во всех частях залежи;
- изменения коллекторских свойств пород.

При статическом моделировании залежей в промысловой

геологии большое место занимает графическое (образно-знаковое) моделирование, называемое геометризацией залежи. В область графического моделирования входит моделирование формы и внутреннего строения залежи. Форма залежи наиболее полно отображается на картах в изогипсах, получивших название структурных, на которых находят положение внешнего и внутреннего контура нефтеносности, а также при их наличии — положение литологических и дизъюнктивных границ залежи.

Внутреннее строение залежи отражают путем составления детальных корреляционных схем, детальных геологических разрезов (профилей) различных карт в изолиниях или условных обозначениях.

При динамическом моделировании также широко используют графическое моделирование — построение карт поверхностей нефти и внедрившейся в залежь воды, графиков и карт разработки, карт изобар и др.

При статическом и динамическом моделировании широко применяют математические методы — используют линейную интерполяцию, математические функции различной сложности — полиномы различных степеней, случайные функции, сплайн-функции и др. Применяют методы теории вероятностей и математической статистики — теории распределений, корреляционно-регрессионного анализа и др.

Методика составления названных выше и других графических документов описана далее. Вопросы математического моделирования залежей нефти и газа с применением ЭВМ рассмотрены в специальном учебном пособии.

### **Глава III**

## **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ**

### **§ 1. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ**

Опыт разработки нефтяных и газовых месторождений выявил одну из решающих ролей фактора неоднородности строения залежей в решении задач нефтегазопромысловый геологии. Неоднородность любых объектов определяется структурной организацией материи, ее систем-



ностью. Именно это явилось причиной появления нового подхода к объектам окружающего мира, который получил название системно-структурного.

В общем случае под системой понимается совокупность любых объектов, определенным образом связанных, взаимодействующих друг с другом.

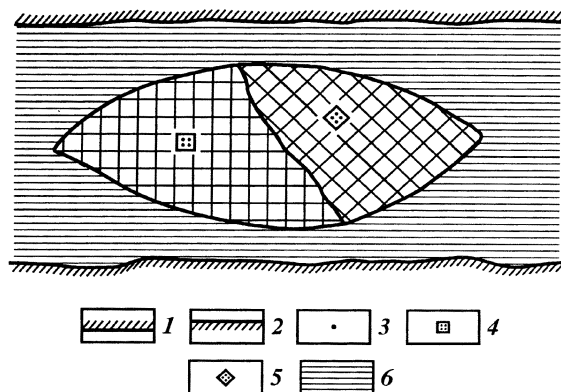
Любой объект, как и система, состоит из некоторого числа меньших объектов, которые, в свою очередь, состоят из еще более мелких объектов. Такая процедура может продолжаться глубоко внутрь изучаемого явления с учетом требований решаемой задачи.

Каждый из объектов, образующих систему, называют элементом данной системы. Главной особенностью системы как некоторой совокупности элементов является то, что каждый элемент обладает по крайней мере одним таким свойством, которое отсутствует у слагающих его элементов. Это эмерджентное, или специфически системное (интегральное) свойство. Например, эмерджентным свойством такой системы, как самолет, будет способность его к самостоятельному полету. Ни один из его элементов (деталей) в отдельности такой способностью не обладает. Эмерджентные свойства — это проявление целостности системы, обусловленное тем, что все ее элементы объединены в неразрывное целое. Совокупность связей и отношений между элементами называется структурой системы. Наличие у всех систем эмерджентных свойств, имеющих весьма важное значение в решении многих задач науки и производства, послужило причиной широкого распространения системно-структурного подхода, который открывает путь к изучению таких свойств.

## **§ 2. ВОЗМОЖНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ТИПЫ СИСТЕМ В ГЕОЛОГИИ**

Возможные представления системы. Любой объект в зависимости от решаемой задачи может быть представлен несколькими видами систем. Покажем это на примере линзы терригенного коллектора, сложенной песчаниками и алевролитами (рис. 1).

Одно из важных представлений системы — множественное, когда система рассматривается как некоторое множество объектов. Линзу в целом можно рассматривать как множество минеральных зерен, связанных цементом. Последний



**Рис. 1. Линза терригенного коллектора как система:**  
 1 – кровля пласта; 2 – подошва пласта; 3 – минеральное зерно; образцы:  
 4 – песчаника, 5 – алевролита; 6 – порода-неколлектор

обуславливает существование совокупности зерен как единого целого. Эмерджентными свойствами такой системы будут, например, ее открытая пористость и проницаемость. Очевидно, что минеральные зерна такими свойствами не обладают.

Чтобы изучить эти эмерджентные свойства, линзу следует рассматривать как множество некоторых более крупных, чем минеральные зерна, объектов. В качестве таких объектов выступают образцы горных пород, и вся система-линза теперь рассматривается как множество образцов. Эмерджентным свойством такой системы будет литологическая характеристика пород. Чтобы изучить это эмерджентное свойство, нужно представить систему в виде множества объектов, сложенных породами разных литологических типов. В нашем примере линза представляет собой множество, состоящее из двух объектов, один из которых сложен песчаником, а другой – алевролитом.

Таким образом, множественное представление системы может быть построено разными способами в зависимости от относительных размеров объектов, составляющих изучаемое множество.

Возможность расчленения системы на части разных размеров позволяет получить другое весьма важное представление системы как некоторой иерархической упорядоченности. Это представление называется иерархическим. Иерархическое представление позволяет выделить уровни строения системы.

Совокупность элементов, принадлежащих одному горизонтальному ряду (уровню), называется иерархическим или структурным уровнем.

В нашей линзе можно выделить следующие уровни строения: 1) уровень минерального зерна — на этом уровне вся система-линза выступает как множество элементов — минеральных зерен; 2) уровень образца породы как некоторой совокупности минеральных зерен — на этом уровне вся система-линза может быть мысленно представлена как множество образцов; 3) уровень двух различающихся по литологической характеристике частей линзы (песчаники и алевролиты); 4) уровень линзы в целом, на котором ее можно рассматривать как нечто целостное, не расчленяющееся на составные части, характеризующееся своими свойствами: формой, размером, ориентировкой в пространстве и т.п.

На каждом иерархическом уровне элементы системы характеризуются каким-то набором свойств. Список этих свойств устанавливается в соответствии с целями, для которых объект рассматривается как система (например, для целей подсчета запасов изучаются свойства из одного списка, для целей проектирования разработки — из другого, причем разные списки могут перекрываться). Свойства элементов любого уровня иерархии можно разделить на три группы: свойства I порядка — те, которые способствуют достижению основной цели системы; свойства II порядка — нежелательные, вредные, привносимые в систему; свойства III порядка — нейтральные по отношению к основной цели системы, они могут быть использованы, например, для определения свойств I и II порядков через различные корреляции.

Так, если рассматривать линзу как объект, из которого нужно извлечь нефть, то к свойствам I порядка можно отнести пористость и проницаемость пород. К свойствам II порядка может быть отнесено высокое содержание глинистого цемента в случае, когда глины обладают способностью разбухать в воде, закачиваемой в линзу для вытеснения нефти, что существенно понизит эффективность этого мероприятия. Геофизические характеристики, которые измеряются в скважинах и в дальнейшем используются для определения пористости, нефтенасыщенности, толщины пород и т.п., должны быть отнесены к свойствам III порядка, когда система начинает действовать, свойства элементов проявляются по-разному. Специфическое проявление элементов называют функцией элемента. В этом случае говорят о функционировании системы. Рассматривая систему как некоторое множест-

во функций для достижения определенной цели, мы получаем ее функциональное представление.

Систему можно представить также как совокупность некоторых состояний объекта, сменяющих друг друга во времени. Это будет процессуальным представлением системы. Так, рассматривая линзу как объект разработки, в качестве состояний можно рассматривать различные периоды разработки.

Нефтегазопромысловая геология имеет дело со статическими и динамическими системами, в качестве которых выступают залежи нефти и газа, подготавливаемые к разработке и разрабатываемые.

### **§ 3. СТРУКТУРНЫЕ УРОВНИ ПРОМЫСЛОВО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

При изучении структуры геологической системы (залежи) возможны два подхода. При первичном можно не учитывать результаты воздействия на нее процесса добычи нефти или газа. В этом случае элементы любого уровня представляют собой естественные геологические тела.

Однако, как только будет начата разработка, проявляются новые черты, новые отношения между элементами первичной геологической системы как на структурных уровнях, так и между отдельными частями элементов, первоначально рассматривавшихся неделимыми. Так, оказывается, что отдельные части слоев характеризуются различной способностью отдавать нефть и т.д. Выясняется, что пласт состоит из слоев, различающихся по продуктивности. Техническое воздействие обнаруживает существование граничных значений, разделяющих породы на отдающие и не отдающие нефть при данной системе разработки.

Из сказанного выявляется зависимость иерархического представления системы от конечных целей изучения: по одним признакам, имеющим важное значение, например, для решения вопросов литологии, геологическое тело предстает перед исследователем как простое; по другим признакам, используемым для решения задач разработки или подсчета запасов, это же тело оказывается сложным, расчлененным на элементы, различающиеся по характеру поведения в процессе разработки.

Для целей промыслово-геологических исследований, проводимых именно в условиях взаимодействия геологической и технической компонент, с учетом требований экономики могут быть выделены следующие структурные уровни организации геологической компоненты ГТК:

1) уровень элементарных составляющих горной породы (обломочных зерен, элементов карбонатной породы и т.п.);

2) уровень, на котором в качестве части системы (отдельного объекта) выступает произвольное геологическое тело — образец горной породы;

3) уровень, на котором в качестве отдельного объекта выступает ограниченная часть прослоя, сложенная породами-коллекторами или породами-неколлекторами, низко-, средне- или высокопродуктивными коллекторами и т.п.;

4) уровень, на котором в качестве отдельного объекта выступает прослой (пласт, горизонт) литологически однотипной породы (песчаника, алевролита, аргиллита, известняка, доломита и т.п.);

5) уровень, на котором в качестве отдельного объекта выступает крупный пласт (горизонт) как резервуар для жидкостей и газа;

6) уровень, на котором в качестве отдельного объекта выступает крупная часть залежи (эксплуатационного объекта) с особыми условиями залегания нефти — чисто нефтяная, водонефтяная, газовая шапка, подгазовая зона, зоны с различным соотношением в плане пластов многопластового горизонта и т.п.;

7) уровень, на котором в качестве объекта рассматривается залежь (эксплуатационный объект) в целом.

Как отмечалось выше, каждый более высокий уровень системы обретает не присущие нижестоящим уровням новые свойства, называемые эмерджированными.

Вместе с тем ему присущи и свойства всех нижележащих уровней, но уже рассматриваемые в масштабах этого уровня.

Первому уровню элементарных пород присущи и на нем изучаются литологическая характеристика, размеры и форма зерен и микрообломков, их прочность, способность разбухать или растворяться в воде.

Второй уровень — образец пород — приобретает такие свойства, как пористость, проницаемость, структура емкостного пространства коллектора, характер смачиваемости.

На третьем уровне — на ограниченной части прослоя с постоянной пористостью и проницаемостью проявляются размеры такой части по толщине прослоев.

На четвертом уровне (прослой, литологически однотипный пласт) эмерджентность проявляется в таком важнейшем свойстве, как микронеоднородность коллекторов, т.е. изменчивость пористости и проницаемости.

Пятый уровень – крупный пласт, горизонт – приобретает новые важнейшие свойства: макронеоднородность, т.е. расчлененность по толщине и прерывистость по простиранию, а также толщина разделов между пластами-коллекторами.

На шестом уровне в крупных частях залежи проявляются и изучаются такие свойства как нефтегазоводонасыщенность, особенности залегания нефти и газа в пластовых условиях, запасы углеводородов и соотношения в них ценных компонентов. На шестом уровне залежь (эксплуатационный объект) рассматривается как неделимое целое и характеризуется всеми свойствами, изученными на шести иерархических уровнях и представленными в обобщенном виде. На этом уровне важнейшими эмерджентными свойствами являются характер границ залежи, природный режим залежи, средние значения всех параметров.

#### **§ 4. РОЛЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ**

При системном подходе залежь нефти и газа представляется в виде системы большой сложности по числу слагающих ее элементов и подсистем и числу уровней и ступеней, с которых эту систему можно и нужно рассматривать. При этом все системы взаимосвязаны, взаимодействуют и сложным образом влияют на конечные результаты ее функционирования.

Системный подход означает усиление внимания к организации объекта, к взаимодействию в процессе разработки его частей, которые могут быть выделены при анализе строения объектов и изучении закономерностей происходящей в них фильтрации. Именно в этом суть преодоления ограниченности традиционных подходов, в рамках которых многие свойства остаются необъясненными, особенно такие, которые возникают как следствие взаимодействия частей, т.е. эмерджентные.

Особенно важную роль играет системный подход при проектировании и анализе разработки, когда появляется не-

обходимость конструирования определенных систем, требуется предсказание на основании геологических факторов поведения залежи в процессе разработки. Системный подход позволяет комплексно учитывать геологические, технические и экономические характеристики систем, количественные критерии качества проектирования и функционирования систем. При традиционном подходе к изучению геологического строения залежи не всегда ясно, что нужно изучать — некоторые характеристики объекта остаются не изученными, в то же время могут изучаться свойства залежи, не существенные с позиций подсчета запасов и разработки. Системный подход предусматривает осознанное целенаправленное выделение элементов, установление характера их взаимодействия, четкое определение списка свойств и признаков, подлежащих изучению. Реализуя системный подход, можно сформулировать четкие требования к степени детализации строения, определять иерархические уровни с главными промыслово-геологическими особенностями залежей.

Приведенная системная организация не определяет порядка изучения залежи. Она не предусматривает необходимости последовательного изучения свойств от нижнего уровня к верхнему. На практике, напротив, некоторые иерархические свойства верхних уровней могут быть определены до окончания исследований на нижних уровнях.