

ШЕСТЬ РЕЖИМОВ У НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПУТИ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Вернувшись с фронтов Второй Мировой войны, ученые и инженеры во всех странах начали заново строить науку и промышленность в тесном контакте. Это время получило название *научно-технической революции*. В такой мере, осознав, что без науки нельзя создать современных технологий, инженерный корпус стал создавать свою отраслевую науку, развитие которой шло параллельно фундаментальной, сосредоточенной в вузах и Академии наук. Через некоторое время, продолжая сепаратистские тенденции, возник заводской сектор науки. Так в стране сложились четыре параллельных пути, и промышленность стала считать себя самодостаточной и порвала связи с фундаментальной наукой, которая отвечает на вопрос *“почему это происходит”*?

В девяностые годы прошлого века на базе прорыва в информационной технологии началась вторая научно-техническая революция, и фундаментальная наука, совершившая этот прорыв, снова стала необходима промышленности.

В отличие от отраслевой науки и производственников ученые *Университета* считают процесс вытеснения одной жидкости другой, лежащий в основе разработки нефтяных месторождений с за- и внутриконтурным заводнением, как одно из сложнейших явлений в природе и расчленяют его на шесть взаимозависимых режимов.

Разработка нефтяных месторождений представляет собой один из сложных процессов взаимодействия человека и природы. Этот взаимосвязанный и взаимообусловленный процесс весьма условно можно разбить на шесть аспектов проблемы:

1. *Геологический;*
2. *Гидрогеологический;*
3. *Гидродинамический;*
4. *Теплофизический;*
5. *Физико-химический;*
6. *Постнефтяной.*

Месторождения образуются путем прихода в естественные ловушки молекулярной и капельной нефти со слиянием их в сплошную массу, заполняющую природный коллектор. Из-за этого человек не может осуществить обратный процесс извлечения нефти из продуктивных пластов. Препятствуют вновь образовавшиеся энергетические связи нефть-нефть, вода-вода, нефть-вода, нефть-порода, вода-порода. Кроме того, громадное значение имеет фактор време-



ни. Заполнение резервуара шло миллионы лет с малой скоростью, а изъятие происходит за десятки лет со скоростью намного порядков большей.

В основе процесса разработки месторождения лежит механизм вытеснения одной жидкости другой из деформируемой пористой среды пласта коллектора. Среда в терригенном коллекторе в большинстве случаев представляет собой зерна кварца, т.е. окисла атома кремния SiO_2 , а вытесняющая нефть жидкость - вода, т.е. окисел атома водорода - H_2O . Отсюда, *основа фильтрации – это движение оксида по оксиду с разрывом, как правило, амперовских – магнитных связей между молекулами среды и жидкости.*

Нефтяные молекулы связаны со скелетом также магнитными – амперовскими связями. Из этого однозначно следует, что кроме чисто механических, громадную роль в фильтрационном сопротивлении играют силы электромагнитной природы. У воды со скелетом существуют и электрические связи, создающие потенциал, также тормозящий фильтрацию!

Все перечисленные выше режимы, или аспекты, тянут разработку в разные стороны, и для более полного извлечения необходим компромисс между ними, который определяется интуитивно или сознательно уже человеком! Эффективность компромисса зависит от уровня знаний по сторонам процесса извлечения нефти из недр! Каждому уровню соответствует своя технология! А любая технология – это принципы, орудия и средства производства и кадры, владеющие этой технологией.

I. Геологический. В него входит определение условий седиментации и формирования будущего коллектора нефти и газа. Затем его поведение во времени. Геодинамика задается неоднородным тепловым полем Земли, порождающим конвективные ячейки Бенара в верхней мантии. Одна из таких цепочек проходит через Турцию, где кристаллический фундамент вознесся на 2,5 км, Черноморскую впадину к Украинскому кристаллическому массиву, лежащему на уровне дневной поверхности, затем через Днепровско-донецкую впадину к Воронежскому своду (1400 м) и, наконец, через Мелекескую впадину к Татарскому своду, где кристаллический фундамент лежит уже на глубине 1800 – 2000 м.

Однообразные коллектора имеют сходные характеристики, если они лежат на одной глубине, и совершенно другие, если они находятся на разных глубинах. Здесь работает горное давление.

II. Гидрогеологический. Благодаря неоднородному тепловому полю и вертикальным движениям осадочных пород, происходит непрерывное как термо-, так и гидродинамическое региональное движение флюидов в пористых коллекторах. При этом идет перераспределение тепла и массоперенос, как правило, солей и глинистых час-

и. Заполнение резервуара шло миллионы лет с малой скоростью, а изъятие происходит за десятки лет со скоростью намного порядков большей.

тиц. Над Татарским сводом лежит километровая толща карбонатных пород, в которой, при поднятии свода, образовались вертикальные трещины, проводники атмосферных вод на большие глубины, с образованием громадного бассейна распресненных вод.

Три четверти Ромашкинского нефтяного месторождения является зоной питания этих вод, а одна четверть на юго-западе – зоной разгрузки. Как вертикальное, так и горизонтальное движение флюидов трассируется по температурным разрезам в скважинах. Разбуривание Ромашкинского и других месторождений превратило всю его покрывку в решето или дуршлаг с коренным изменением природных путей движения вод. Теперь по всей площади атмосферные осадки уносят с собой разлитые по поверхности нефти в водоносные горизонты верхних слоев, а через них в родники и источники питьевых вод.

III. Гидродинамический. Статическое пластовое давление формируется противоборством гидростатического давления, определяемого рельефом местности и связи по пласту, которая зависит от начального градиента давления, т. е. от характеристик самого коллектора и заполняющих его жидкостей. Вмешательство человека задает динамический режим, который делится на две составляющих: поведение скелета пласта и жидкости или газа в нем. При динамическом режиме все характеристики пласта не являются константами, а сложным образом зависят от давления и температуры.

IV. Теплофизический. Начальное статическое распределение температуры в пласте задается рельефом местности, температурой нейтральных слоев, теплопроводимостью горных пород, покрывающих месторождение, величиной теплового потока, идущего из недр, а также гидрогеохимическими потоками. Закачка в пласты рабочего агента, с температурой отличной от начальной пластовой, приводит к изменению температуры как вмещающих пород, так и пластовых флюидов, характеристики которых сильно зависят от температуры вплоть до распада при достижении критической температуры и выпадения твердой фазы из раствора и закупорки пористой среды.

V. Физико-химический. Вмещающие породы, как правило, имеют нескомпенсированные электрические заряды. Они возникают, когда при формировании частиц имеет место случайное замещение одних элементов другими. Наиболее вероятная ситуация возникает, когда вместо атома кремния или алюминия в междоузлии садится атом двухвалентного магния. Это избыточные заряды компенсируются противоионами в жидкости, заполняющей поры коллектора. Закачка поверхностных вод для вытеснения нефти приводит за счет диффузионного закона Фика к нарушению природного баланса и возникновению сил электромагнитной природы, тормозящих движение закачиваемых вод.

VI. Постнефтяной. После выработки продуктивных пластов в порах остается большое количество подвижной воды с растворенными в ней солями разных элементов, среди которых есть и редкие, и радиоактивные. Добыча их вполне рентабельна диффузионного закачиваемых вод.

При промышленной разработке нефтяного месторождения все эти режимы влияют по-разному и тянут в разные стороны, как по темпу выработки, так и по коэффи-

циенту извлечения нефти. Составленные технологические схемы требуют детального знания особенностей этих режимов и компромиссной их оптимизации, разной при режимах, нацеленных на максимальный темп отбора или на максимальный коэффициент извлечения нефти. Для этого требуется не постоянно действующая модель пласта, а адаптирующая физическая модель. Именно она лежит в основе технологических схем, разрабатываемых в Казанском университете.

Основные научные направления, по которым ведутся исследования и разработки в лаборатории ФДГС (Физическая динамика гетерогенных сред) при кафедре радиоэлектроники КГУ.

I. Региональные геологический и гидрогеологический режимы. История и состояние. Пути миграции флюидов: осадочная толща, кристаллический фундамент. Места возможного образования скоплений углеводородов.

II. Экспериментальные геотермические исследования. Промысловые измерения температуры. Определение теплового режима литосферы и отдельных пластов.

III. Экспериментальные работы по определению фильтрационных параметров пластов методами волн давления.

IV. Автоматизирование системы контроля и управления разработкой нефтяных месторождений.

V. Дифференциальный геолого-промысловый анализ состояния разработки нефтяных месторождений и создание технологической схемы довыработки продуктивных пластов на основании расчетов вариантов с использованием модели двухфазной фильтрации.

VI. Дифанализ и составление технологических схем на основе создания новой теории флюидодинамики и прямых математических моделей пласта.

VII. Дифанализ полной выработки участка или площади с физически ликвидированными скважинами и составление проекта разработки месторождения с пониженной нефтенасыщенностью и частичным охлаждением пластов.

VIII. Постнефтяной режим нефтяных месторождений.

IX. Обучение студентов по программе Специализации «Автоматизация и управление разработкой нефтяных месторождений».

X. Переподготовка специалистов нефтяной промышленности через спецфак «Управление нефтеотдачей пластов».

XI. Подготовка кадров через магистратуру «Физика Земли».

XII. Работа отряда исследовательских партий, измеряющих КВД, КПД, температурные и иные профили в работающих скважинах, как нагнетательных, так и фонтанных эксплуатационных.

XIII. Издание журнала «Георесурсы», «Georesources» на русском и английском языках.

Выделенные научные направления учитывают особенности всех шести реальных режимов нефтяных месторождений.

Непримеров Николай Николаевич -

Казанский государственный университет,
420008, Казань, Кремлевская, 18, КГУ, физфак,
(8432) 388395, профессор, доктор техн. наук.