

# Добыче углеводородов – современные знания и технологии

**В.А. КРЮКОВ**, член-корр. РАН, заместитель директора Института экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск

Новые технологии поиска, разведки и добычи углеводородов, иные системы распространения знаний и навыков изменили представления о ресурсах нефти и газа. В статье обсуждается влияние процесса получения знаний и создания среды для инновационного развития нефтегазового сектора. *Ключевые слова:* нефтегазовый сектор, трудноизвлекаемые запасы, научные знания, модель инновационного процесса, «сланцевая революция»

Растущая значимость проблемы приобретения и применения знаний в мировом нефтегазовом секторе во многом связана со стремительными изменениями ресурсной базы и представлений о том, «когда закончатся углеводороды». Появляются новые гипотезы о том, где и как добывать нефть и газ; в разработку, в дополнение к традиционным видам углеводородов, все активнее вовлекаются не только «тяжелая нефть» или «жирный газ», но и сланцевый газ, сланцевая нефть, газогидраты, углеводороды низкопроницаемых коллекторов и т.д. и т.п. Похоже, после длительного стояния на месте «нефтегазовый мир» начал стремительно меняться.

Что лежит в основе этих изменений, и почему они происходят именно сейчас?

## Перемены в мировом нефтегазовом секторе

Близкий по глубине и последствиям переворот в мировом нефтегазовом секторе наблюдался в первой половине 1970-х годов. Во многом он был связан с нефтяным эмбарго и резким увеличением цен на нефть, вызвавшим колоссальные перемены в структуре рынка нефти. Прежде всего, другим стал «баланс сил» между транснациональными и национальными нефтегазовыми компаниями. Национальные компании вышли на лидирующие позиции в мировом нефтегазовом секторе – их доля в добыче нефти выросла с 5%

в конце 1960-х гг. до более чем 80% в начале XXI века. Изменившиеся по составу (за исключением BP и Royal Dutch Shell) транснациональные компании (ТНК) оказались в непривычной для себя роли далеко не единственных партнеров и участников проектов, реализуемых совместно с национальными компаниями, созданными при активном участии нефтедобывающих стран. Сосредоточив свои усилия на новых районах добычи нефти – морском шельфе и акватории океана, через 10–15 лет ТНК создали и развили принципиально иные технологические системы и комплексы для освоения морских месторождений. В то же время национальные компании в своем большинстве играют роль прилежных учеников, с разной степенью успешности осваивающих «уроки», заданные ТНК (в рамках применения и распространения стандартных инженерных и технических решений, успешно используемых для освоения и разработки месторождений традиционных углеводородов).

В экономических исследованиях процесс изменения структуры и состава участников рынка нефти, как правило, связывают с политическими событиями и последовавшими за ними изменениями цен. С этим нельзя не согласиться. Однако, на наш взгляд, это лишь видимая «невооруженным глазом» часть картины.

Чтобы понять процессы, старт которым был дан в 1970-е годы, надо обратиться к истокам формирования и распространения знаний и навыков в нефтегазовом секторе. Важно понять – когда и почему возникают знания, как они трансформируются и усваиваются, как распространяются и доходят до конечного пользователя, каким требованиям отвечают, как начинают применяться и что из этого получается.

## Современные знания и развитие среды

Представляется, процесс формирования и распространения новых знаний, умений и навыков в современном нефтегазовом секторе идет по двум основным направлениям.

*Первое* – развитие базовых технологий поиска, разведки и добычи углеводородов. Несомненные лидеры здесь – транснациональные компании – как наследницы «семи сестер», так и новые («Статойл», «Петронас», ЭНИ и др.). Расходы на

науку (не путать с проектными работами, что характерно для России) позволили данным компаниям добиться принципиально новых результатов в поиске, разведке и освоении нефтегазовых месторождений – прежде всего, глубоких залежей нефти и газа, а также морских. Эти компании все больше ориентируются на получение ренты, обусловленной не столько естественными характеристиками месторождений, сколько наличием уникальных технологий и навыков освоения все более сложных и менее «стандартных» объектов. С этой точки зрения показателен пример бразильской «Петробраз» в альянсе с итальянской ЭНИ и норвежской «Статойл»: привлечение транснациональных компаний позволило перейти к освоению подсольевых залежей в акватории Атлантического океана на сверхбольших глубинах.

В случае, когда национальные нефтяные компании сталкиваются с новыми объектами (или с новыми условиями на уже введенных месторождениях), они, как правило, привлекают для решения возникающих нестандартных проблем ТНК или ведущие сервисные компании из развитых стран (примерно так, как в 2012–2013 гг. ОАО «Роснефть» и ОАО «Газпром» с большой поспешностью заключили соглашения с рядом ТНК по разведке месторождений Арктического шельфа России и разработке трудноизвлекаемых ресурсов нефти). С точки зрения распространения новых знаний в области технологии и практики освоения новых по составу и природе нефтегазовых месторождений транснациональные компании возвращаются в ведущие нефтегазодобывающие страны, однако уже на других условиях.

Важнейший результат – **общий рост технологического уровня нефтегазового сектора в мире** (широкое применение информационных технологий, новых материалов и видов оборудования – тех составляющих технологического процесса, которые ранее, как правило, связывались исключительно с «признанными» высокотехнологичными отраслями – авиацией, космонавтикой, подводным судостроением и т.д.).

*Второе* направление – поощрение инициативы и предприимчивости тех компаний, участвующих в поиске, разведке и освоении месторождений углеводородов, которые готовы взять на себя риск и приступить к проектам, ранее считавшимся

неэффективными. В первую очередь упор делается не на налоговые льготы и преференции, а формирование среды, ориентированной на реализацию творческого потенциала предпринимателей и специалистов. Важнейшая особенность этого направления – отказ от

общепризнанных канонов и догм, ориентация на реальный результат, то есть прирост знаний о ресурсах/запасах нефти и газа и практическая реализация решений, позволяющих получать трудноизвлекаемые углеводороды с приемлемыми экономическими (и экологическими) показателями.

В рамках этого направления накопление и распространение знаний обеспечиваются за счет доступа к знаниям и опыту всех участников процесса поиска, разведки и освоения углеводородов – от государства до отдельных специалистов. Здесь важна роль как формальных практик – таких как доступность данных об изученности участков недр, так и неформальных – возможности взаимодействия всех сторон. В процессе формирования и распространения знаний все шире участвуют не столько компании и бизнес-единицы, сколько специалисты.

В результате, при наличии благоприятных условий (хотя влияние цен и спроса нельзя сбрасывать со счетов), формируется такая среда, которая способствует стремительному повышению роста эффективности ранее непривлекательных проектов. Именно это случилось, на наш взгляд, со сланцевым газом и происходит в настоящее время со сланцевой нефтью в США.

### **Глобальные представления и практические проблемы**

Процесс накопления знаний и навыков идет непрерывно, их распространение сдержать невозможно. Однако эти накопленные знания проявляются практически – особенно в случае перехода к освоению новых источников углеводородов – только по мере накопления «критической массы» целого комплекса условий.

Отличительной чертой современной ситуации в мировом нефтегазовом секторе является то, что одновременно меняются и научные знания (включая область наук о Земле),

и конкретно-практические – как и какими техническими средствами осуществлять добычу. При этом теоретические (глобальные) знания имеют всеобщий характер и общедоступны всем и повсеместно, а уровень практических (или локальных) знаний и навыков может резко различаться в разных странах или компаниях, но со временем часть из них становятся всеобщими. При этом резко возрастает роль индивидуума – не только как носителя конкретных знаний, умений и навыков, но и генератора новых идей в условиях значительного роста разнообразия горно-геологических условий, появления новых источников углеводородов, а также изменения глобальных знаний и представлений. Например, о происхождении нефти.

В СССР доминирующей была так называемая теория органического происхождения нефти и газа. Однако в то же время шло накопление и обобщение фактов в рамках другой теории – глубинного (неорганического) происхождения углеводородов. На первый взгляд, проблема сугубо мировоззренческая. Но, как показывают события самых последних лет, в частности «сланцевая революция», она имеет далеко идущие практические последствия. Так, выдающийся отечественный геолог Н.А. Кудрявцев отмечал: «Гипотеза неорганического происхождения нефти... позволит благоприятно оценивать возможности накопления нефти в нижних горизонтах разреза, не заботясь о наличии “нефтепроизводящих” пород и о возможности миграции нефти и газа на них в данные гори-зонты»<sup>1</sup>.

Важнейшая особенность нефти, залегающей в так называемых низкопроницаемых коллекторах, – отсутствие ее миграции, что резко уменьшает число крупных залежей и объектов, с которыми традиционно связывалась возможность эффективной разработки. Новые источники углеводородов в большей степени несут локальный характер. Их особые отличительные свойства практически исключают традиционные схемы разработки месторождений – с определенной «стандартной» сеткой добывающих и нагнетательных скважин. Это обстоятельство открывает дорогу малым и средним

<sup>1</sup> Кудрявцев Н.А. Нефть, газ и твердые битумы в изверженных метаморфических породах. – Ленинград: Гостоптехиздат, 1959. – С. 12.

инновационно-ориентированным компаниям, обладающим знаниями особенностей таких локальных объектов. Иными словами, знание об объекте становится все более специфичным и менее рутинным. В конечном счете залогом успеха становятся не столько буровой станок и долото, сколько знания и квалификация специалистов.

По оценкам специалистов, в мире нет двух одинаковых залежей сланцевых углеводородов, что означает варьирование затрат на их добычу. В США основное преимущество сланцевого газа заключается, например, в том, что он добывается рядом с районами потребления, и высокие затраты на добычу компенсируются минимальными затратами на транспортировку.

В отличие от глобальных, локальные знания чаще всего существуют в неявном виде, в неформальных сетях коммуникации агентов экономики. Процесс их выделения и описания неполон и весьма фрагментарен. Их не всегда можно найти в разрозненных источниках, представления могут быть зачастую противоречивыми и неустойчивыми (что в полной мере относится к так называемым «нетрадиционным» углеводородам – сланцевому газу, сланцевой нефти и др.).

### **Изменения парадигмы инновационного процесса**

Привычная, понятная и до сих пор часто применяемая «индустриальная парадигма» распространения знаний характеризовалась линейной однонаправленной моделью инновационного процесса, с поэтапным переходом от фундаментальных к прикладным исследованиям, а далее – к внедрению получаемых результатов в практику в виде новых изделий, технологических процессов и т.д. Модель, безусловно, была эффективной на определенном этапе, но этот этап уже закончился. Процесс формирования новых знаний не стоит на месте, он развивается все более динамично. Современные знания и новации в нефтегазовом секторе, определяющие динамику его развития, как правило, уже имеют другую природу своего происхождения, распространения и коммерциализации, существенно отличающуюся от индустриальной системы. На смену простым линейным связям

пришло интерактивное взаимодействие по многим направлениям деятельности, и здесь главный фактор – влияние той благоприятной среды, в которой находится основной «агент» изменений – индивид с уникальным опытом и знаниями.

Влияние среды, без которой процессы формирования, накопления и применения новых знаний просто невозможны, сказывается и в том, что на смену традиционной линейной модели – поиск, разведка, освоение и разработка залежей углеводородов – пришла более сложная «сетевая структура». Ее отличительная особенность – наличие постоянных «возвратов» на предыдущие этапы или, напротив, «забегание» вперед, минуя некоторые стадии. Об этом, в частности, свидетельствует более чем умеренный рост в США объемов бурения и числа занятых в нефтегазовом секторе (несмотря на бурный рост добычи сланцевого газа, сланцевой нефти и в целом углеводородов из трудноизвлекаемых источников).

Так, например, в США количество пробуренных скважин в истекшие 20 лет имеет весьма устойчивую тенденцию... к снижению.

Поэтому можно вполне обоснованно утверждать, что в основе «сланцевой революции» – не только увеличение объемов геологоразведочных работ (или бурения, с чем в России прежде всего связывают перспективы добычи углеводородов), а «интеллектуализация» процесса оценки и освоения залежей<sup>2</sup>. В современном нефтегазовом секторе теоретические знания все более тесно взаимодействуют с практикой и средой применения. В результате можно констатировать, что во многом благодаря этому происходит:

- стремительное изменение знаний и представлений о процессах нефтегазоаккумуляции в недрах Земли;
- обоснование возможности поиска и добычи углеводородов в недостижимых ранее источниках (новых типах пород, на «бесперспективных» глубинах и т.п.);
- прорывные достижения в области физики, химии, связанные с извлечением углеводородов из ранее «бесперспективных» пород (коллекторов) и т.д.

<sup>2</sup> Independent Petroleum Association of America. URL: <http://www.ipaa.org/economics-analysis-international/industry-statistics/>

### **Новые знания и умения оказывают значимое влияние на расширение круга потенциальных источников сырья, осваиваемых современным нефтегазовым сектором.**

Для экономики важен не только сам по себе процесс получения знаний, но и «монетизация» знаний, технологий и умений – их реальное влияние на повышение отдачи активов нефтегазового сектора. Существуют различные пути получения новых знаний и умений, например:

- проведение собственных исследований, нацеленных на получение конкретных результатов;
- покупка новых технологий, их освоение, внедрение с одновременным обучением персонала;
- создание альянсов и различных проектных партнерств

с более «продвинутыми» компаниями; • реализация последовательной государственной политики, позволяющей стимулировать их получение и применение; • участие в различных неформальных процессах коммуникаций и взаимодействий, обеспечивающих более быстрый поиск новых решений.

Безусловно, каждый из представленных выше путей имеет как преимущества, так и недостатки. Наиболее перспективным представляется путь, предполагающий собственные исследования, проводимые на основе имеющихся лучших образцов и лучших прецедентов, с целью разработки новых передовых технологий и применения их на практике.

Наличие соответствующей среды становится одним из важнейших факторов и условий получения и перетока новых знаний и умений. Чтобы получать современное представление о происходящих процессах, требуется накопление огромного количества знаний в различных областях, что практически невозможно осуществить в одиночку. Следовательно, необходимо создание среды. А именно, критически важно наличие:

- коллектива единомышленников из различных областей знаний, занимающихся исследованием одних и тех же проблем;
- адекватной нормативной базы;
- возможности практического применения получаемых результатов...

### **О важности среды для развития технологий: США и Россия**

Наиболее успешный опыт в данном направлении накоплен в США. В этой стране выдается единая «сквозная» лицензия на разработку месторождения, что гарантирует инвестору, арендовавшему участок, право на разведку и разработку, добычу и реализацию нефти и газа. Участок земли сдается в аренду на 10 лет (с момента принятия Закона об энергетической политике в 1992 г.), однако впоследствии договор продлевается, если проводятся работы по бурению или ведется коммерческая добыча. Если этого не происходит, то договор аренды автоматически разрывается.

Эффективность и простота норм и правил, связанных с предоставлением лицензий и вопросами собственности на землю, привели в США к стремительному росту числа лицензий на право пользования недрами: к 2012 г. их число достигло 63000 (в России – чуть более 3000). Вся система регулирования нефтегазового сектора США ориентирована на стимулирование недропользователей к применению новых методов добычи.

Нельзя не упомянуть и о льготах недропользователям в зависимости от уровня дебита скважин. С 1995 г. действует закон «О добыче и сохранении нефти и газа», который предоставляет налоговые льготы по скважинам с суточным дебитом менее 3,4 т и обводненностью более 95%.

Важно, что отдельные штаты имеют свою значимую нишу в стимулировании инновационной деятельности в нефтегазовом секторе. В Техасе, например, действует закон, согласно которому в случае применения методов увеличения нефтеотдачи пласта предоставляются значительные налоговые льготы на период до 10 лет. Доминантой политики в области регулирования нефтегазового сектора в США является стимулирование недропользователей к принятию повышенных рисков при испытаниях и освоении новых инновационных методов добычи. Следует заметить, что к 2011 г. количество квалифицированных специалистов, занятых в нефтегазовом секторе США, достигло почти 2 млн человек. Причем их число мало изменилось в связи с бумом добычи сланцевого газа. Это свидетельствует о том, что в основе «сланцевой революции» –

применение накопленных знаний и опыта, а также возможность их распространения в рамках сектора, чему способствует рост числа и разнообразия компаний, осуществляющих добычу углеводородов (более 16000), при многократно большем числе компаний, оказывающих специализированные технические и прочие услуги.

Пример США подтверждает, что результат может быть достигнут только в рамках определенной среды, а распределение рисков между всеми участниками процесса является важнейшим лейтмотивом государственной политики в данной области.

Вполне очевидно, что новые знания, технологии и умения применяются системно и последовательно тогда, когда у компаний отсутствует возможность получения «незаработанного дохода» (например, за счет необоснованных льгот и преимуществ, манипулирования условиями ведения бизнеса и т.д.). Поэтому наличие конкурентной среды – необходимое (но, увы, недостаточное) условие успешного развития нефтегазового сектора в инновационно-ориентированном направлении.

Анализ динамики процессов развития нефтегазового сектора России в инновационно-ориентированном направлении дает мало оснований для оптимизма<sup>3</sup>. Состояние конкурентной среды свидетельствует о значительной инерции – безусловно доминируют

«национальные» (по существу, а не только по статусу) компании – ОАО «Роснефть», ОАО «Газпром» и т.д. В результате применение новых технологий в России, в частности, новых методов повышения нефтеотдачи пластов, отличается большим «своеобразием». Как отмечает академик Р.Х. Муслимов, «...рост добычи нефти (в 1980-е гг. – В.К.) за счет методов увеличения нефтеотдачи (МУН) существенно ускорился – с 1,3 млн т в 1975 г. до 11,4 в 1990 г. ...К сожалению, точные и конкретные данные по объему и эффективности применения методов увеличения нефтеотдачи пластов в России за годы рыночных реформ отсутствуют... Большинство ГРП (методов гидроразрыва пластов, которые широко применяются для разработки сланцевых залежей) проводится на...

<sup>3</sup> Крюков В.А. Институциональные барьеры развития нефтегазового сектора России (на примере Восточной Сибири)// Журнал Новой экономической ассоциации. – 2012. – № 4 (16). – С. 151–157.

высокопродуктивных объектах для интенсификации разработки и поэтому не может быть отнесено к категории МУН...»<sup>4</sup>.

В России широко распространено избирательное применение новых технологий в нефтегазовом секторе, в то время как собственные технологические системы и подходы практически не создаются.

Неизбежно возникает вопрос: кто и как может обеспечить появление новых знаний, технологий, умений и т.д.? Ответ, как представляется, состоит в следующем:

- в общем случае в получении новых знаний должны принимать участие все стороны – от государства до бизнеса (включая средний и мелкий, в наибольшей степени заинтересованный в этом);
- расходы на науку и получение новых знаний неправомерно связывать исключительно с финансированием по линии государства (включая ННК) и ТНК;
- государственная политика должна строиться таким образом, чтобы создаваемые условия позволяли формировать конкурентную среду, обеспечивающую отечественным компаниям непрерывное получение так называемой динамической ренты.

В настоящее время, как никогда, возросло значение таких условий, как наличие опыта, среды и мотивации. Среди причин этого можно отметить:

- изменение размеров месторождений в сочетании с их «новой природой» привело к востребованности уникальных и специфических знаний;
- наличие разветвленного и разнообразного сервисного сектора – от стандартных до самых сложных операций (например, в границах «Большого Ставангера» – Норвежского центра операций на шельфе Северного моря – успешно работает свыше 500 инновационно-ориентированных сервисных фирм);
- переход к налогообложению экономических результатов; нужны не налоговые льготы, а системные рамки, которые стимулировали бы компании принимать высокие риски освоения новых источников сырья;
- конструктивное взаимодействие финансовой системы и нефтегазового сектора – ориентация на долгосрочные результаты (прежде всего, доступность «длинных денег») – способствует повышению устойчивости инновационного бизнеса.

<sup>4</sup> Муслимов Р.Х. Нефтеотдача: прошлое, настоящее, будущее. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2012. – С. 383–384.

В мире накоплен огромный опыт взаимодействия различных компаний, есть место любым вариациям форм взаимодействия. В то же время нельзя не видеть, что в нефтегазовом секторе существенно увеличивается доля национальных нефтяных компаний. Это отражает инерционный тренд развития отрасли, связанный с распространением «традиционных» знаний, навыков и умений. В то же время транснациональные компании все больше и больше выполняют роль «системных интеграторов» и являются распространителями передовых технологий, знаний и опыта. Прямое же участие ТНК в генерации новых знаний – скорее исключение из правил. Лидерство перешло к наукоемким сервисным компаниям от самых малых до гигантов, таких как «Шлюмберже», «Бейкер Хьюз», «Халибёртон», «Вестерн Атлас» и др.

Мировой нефтегазовый сектор проходит через стадию смены не только технологического уклада (все большей его интеллектуализации), но и изменения всей модели функционирования и развития. В основе этого процесса – новые знания (как глобальные, так и локальные, практические). Получение знаний, их распространение и применение невозможны без адекватной институциональной среды. Не только новые технологии и уровень цен, но также и благоприятный инвестиционный климат, степень разнообразия компаний и форм их взаимодействия, развитие конкуренции во всех сегментах нефтегазового сектора, а также адекватное меняющимся условиям освоения углеводородов взаимодействие государства и нефтегазового сектора – вот неполный перечень условий, движущих «сланцевую революцию».

Нельзя и неправомерно примитивизировать сложный и многоаспектный характер взаимодействия факторов, обеспечивающих процесс добычи углеводородов. Инвестиции в этом ряду – важное, но не всеобъемлющее объяснение феномена роста добычи углеводородов там, где такой добычи «не могло быть». Разнообразие среды и наличие возможности эффективного взаимодействия самых различных экономических агентов – вот движущая сила развития современного нефтегазового сектора.