

Дзен
DZEN.ru/rg.ruTelegram
T.ME/rgunewsVKontakte
VK.COM/rgruОдноклассники
OK.ru/rg.ruТЭК
rg.ruРоссийская газета
www.rg.ru
14 апреля 2025
понедельник № ??? (???)

РЕШЕНИЕ / Отечественные компании разрабатывают новые технологии для освоения самых сложных месторождений

Трудная нефть России

Михаил Курбатов

Технологически извлекаемые запасы «черного золота» России можно увеличить на 50 миллиардов тонн при полномочном вовлечении в промышленную разработку баженовской свиты (группа нефтесодержащих горных пород), считают в нефтяной компании «Ойл Ресурс». Но для этого нужна синергия государства, науки и бизнеса. О том, какие технологии могут помочь освоить огромные трудноизвлекаемые запасы (ТРИЗ) отечественной нефти, «РГ» рассказал генеральный директор компании Семен Гаргауль.

Семен Сергеевич, ваша компания разрабатывает технологию термохимического воздействия (ТТХВ). В чем ее уникальность по сравнению с другими методами разработки ТРИЗ?

СЕМЕН ГАРГАУЛЬ: Это тепловая технология нового поколения. Уже сегодня на традиционные тепловые технологии приходится более половины нефтесервисного мирового рынка, имеющего отношение к методам увеличения нефтеотдачи. Уникальность самой ТТХВ определена результатами, достигшими при ее использовании. Приведу три примера. Первое, в настоящий момент технологически извлекаемыми являются природные битумы, высоковязкие и тяжелые нефти, залегаемые на глубинах не более 1800 метров. Эти же типы углеводородов, но находящиеся глубже, в настоящий момент считаются технологически не извлекаемыми. ТТХВ позволяет рентабельно вовлекать в промышленную разработку ранее недоступные тяжелые углеводороды с глубиной до 4000 метров и более комплексно эффективно извлекать доступные тяжелые углеводороды с глубин до 1800 метров.

Пример второй — сегодня достигнутый коэффициент извлечения нефти (КИН) на месторождения традиционной нефти, например, в Западной Сибири, если говорить предельно откровенно, вряд ли превышает 25 процентов. Это означает, что в продуктивных пластах западносибирских месторождений, которые находятся на поздних стадиях разработки с падающей добычей, все еще находится около 75 процентов не извлеченной нефти. Массово применяемый метод поддержания пластового давления (ППД) не позволяет более наращивать КИН. Как показывают зарубежные лабораторные исследования и практика опытно-промышленных испытаний, даже в случае применения традиционных тепловых технологий для повышения эффективности добычи средних и легких нефтей достижимым является КИН в 50 процентов и более. ТТХВ является более эффективной технологией по сравнению с традиционными, и поэтому, как мы полагаем, в случае применения ТТХВ из западносибирских недр потенциально может быть извлечено еще столько же традиционной нефти, сколько ее уже извлекли с начала освоения этих нефтяных месторождений более 60 лет назад.

Третий пример — самые большие запасы углеводородов в России сосредоточены в нефтематеринских породах, в частности в баженовской свите, которая занимает в Западной Сибири площадь более миллиона квадратных километров. Многочисленные и многолетние лабораторные исследования и гидродинамическое моделирование, выполненные «Сколтехом» по заказу компании «Газпром нефть», продемонстрировали, что без использования технологии термохимического воздействия промышленная разработка баженовской свиты невозможна. ТТХВ за счет использования уникального инструментального воздействия на нефтерогеносодержащие пласты баженовской свиты вовлекает в разработку весь ее углеводородный потенциал, который в основном сосредоточен в твердом органическом веществе — керогене, неподвижной или малоподвижной битуминозной нефти и высококачественной легкой нефти. Именно из керогена и битуминозной нефти в результате использования рабочих агентов воздействия (РАВ) ТТХВ внутри баженовского пласта генерируется синтетическая нефть, как это примерно происходит на нефтеперерабатывающих заводах. Никакая другая технология в мире на это неспособна.

И, завершая ответ на этот вопрос, хотел бы отметить, что все это возможно благодаря не менее уникальным рабочим агентам воздействия, и используемым в ТТХВ. В продуктивных нефтесодержащих или нефтерогеносодержащих пластах закачиваются РАВ в форме воды, находящейся в сверхкритическом состоянии (температура при закачке в пласт составляет до 480 градусов Цельсия при давлении до 55 мегапаскалей), которые опционно могут быть насыщены углеводородными и неуглеводородными газами, также находящимися в сверхкритических состояниях, углеводородными растворителями, спиртами и различными наноразмерными катализаторами.

Также следует отметить, что технология термохимического воздействия наряду с проведением геологоразведочных работ является действенным и уникальным инструментом прироста запасов извлекаемых углеводородов, как жидких, так и газообразных. Да, именно газобразных, так как ТТХВ в одной из ее технологических вер-



Использование технологии термохимического воздействия потенциально позволяет извлечь из западносибирских недр столько же нефти, сколько было добыто за последние 60 лет.



Семен Гаргауль: Высокотемпературное тепловое воздействие существенно увеличивает проницаемость пласта.

сий применима и для интенсификации добычи природного газа из сложных нефтегазоконденсатных месторождений, например, из Чаяндинского НКМ, снабжающего природным газом трубопровод «Сила Сибири».

Добыча становится легче

Как работает технология термохимического воздействия на практике, какие физико-химические процессы лежат в ее основе?

СЕМЕН ГАРГАУЛЬ: Еще одной уникальной характеристикой ТТХВ является ее универсальность. В основе технологии лежит термохимическое воздействие на продуктивные пласты за счет закачки в них высокотемпературного рабочего агента высокого давления в форме сверхкритической воды (СКВ). Для повышения эффективности термохимического воздействия используются сложнопозиционные РАВ, насыщенные упомянутыми выше веществами. Закачка рабочих агентов воздействия может осуществляться циклически, или постоянно (заводнение), или сначала циклическое воздействие с последующим площадным воздействием. Все очень гибко.

Физико-химические процессы и внутрипластовые механизмы трансформаций углеводородов многообразны. Так, напри-

мер, при воздействии на нефтематеринские породы (баженовская свита) речь идет в первую очередь о «сухом» и «водном» ширеле, в результате которого внутри баженовского пласта на глубинах от 2500 до 3500 метров из керогена генерируется техногенная или синтетическая нефть и синтетические газы. Также для бажены наиболее значимыми внутрипластовыми процессами являются термический крекинг, гидрокрекинг и каталитический крекинг. Последний протекает при повышении пластовой температуры даже без дополнитель-

будет осуществляться только в режиме фонтанирования скважины без допущения компактизации (сжатия/схлопывания) пласта. Если же воздействием на пласты, содержащие тяжелые углеводороды, то в этом случае наиболее значимыми механизмами становятся снижение вязкости и уменьшение плотностей нефти, которые часто носят необратимый характер. Это называется частичное внутрипластовое улучшение качества нефти — тяжелая нефть в результате такого воздействия становится легче.

АКЦЕНТ НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЗВОЛЯЕТ ИЗВЛЕКАТЬ ТЯЖЕЛЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ С ГЛУБИН ДО 4000 МЕТРОВ

ного внесения катализаторов, а также в присутствии нативных катализаторов, которых превеликое множество в баженовском пласте от природы. Немаловажным фактором является и то, что в результате термохимического воздействия с использованием РАВ ТТХВ низкопроницаемые пласты бажены превращаются в относительно проницаемые и внутрипластовая энергия увеличивается. Добыча нефти из баженовской свиты возможна и

Ключевой вопрос

Насколько рентабельно сегодня освоение трудноизвлекаемых запасов нефти с применением технологии термохимического воздействия?

Семен Гаргауль: Конечно, добыча ТРИЗ требует больших затрат. Ее себестоимость всегда выше. Снижение себестоимости возможно за счет использования новых инновационных технологий и их широкого применения, что позволяет экономить на масштабе. На этапе внедрения и начала масштабирования их промышленного использования без всякого сомнения требуется государственная финансовая и административная поддержка, в том числе и при взаимодействии с частными нефтедобывающими компаниями. В целом испытания и наращивание добычи с помощью технологии термохимического воздействия возможны уже сегодня при стоимости нефти примерно в 70 долларов за баррель. Кроме того, ситуация с легкодоступной нефтью ухудшается во всем мире, поэтому следует ожидать постепенного роста цен на нее, что несколько поддержит нефтедобычу.

о том, что чем легче нефть, тем более эффективным и рентабельным является термохимическое воздействие, особенно с использованием инновационных РАВ ТТХВ. Также необходимо подчеркнуть, и это важно, когда мы говорим о низкопроницаемых коллекторах (ТРИЗ) или о целях (малообводных) участках месторождений с традиционными нефтями, что высокотемпературное тепловое воздействие в хорошем смысле слова «повреждает» горную породу и тем самым существенно увеличивает проницаемость пласта. Изменение смачиваемости горной породы с гидрофобной на гидрофильную всегда происходит при тепловом воздействии, и это значимо увеличивает эффективность ТТХВ.

Освоение бажены
В чем заключается особенность разработки баженовской свиты?

СЕМЕН ГАРГАУЛЬ: В период с 2008 по 2018 год в экспертной среде отечественных нефтедобывающих компаний было распространено мнение, что главный объект российской сланцевой революции — баженовская свита — это прямой аналог североамериканских нефтеносных сланцевых пластов (пласты твердой слабопроницаемой породы, которые могут содержать нефть и газ. — Прим. ред.). Когда США

в середине 2014 года объявили о введении «российских сланцевых санкций», мы обрадовались, так как полагали, что это позволит нашим нефтяникам избежать большой ошибки. Она заключалась в убеждении, что на основе североамериканского сланцевого технологического сета (речь идет об использовании длинностойной горизонтальной скважины в сочетании

«Ойл Ресурс» подписала соглашение о стратегическом партнерстве с КФУ. Ведется работа по подписанию аналогичного документа и со «Сколтехом».

Какие инвестиции требуются для освоения баженовской свиты и каковы прогнозы увеличения добычи нефти при успешном применении новых технологий?

АКЦЕНТ

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА КОМПАНИЙ ТЭК И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ ПОВЫШАЕТ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОБЫЧИ НЕФТИ

с многостадийным гидравлическим разрывом пласта) возможна рентабельная широкомасштабная разработка баженовской свиты. Эксперты нашей компании неоднократно предупреждали, что использование североамериканского сланцевого технологического сета не позволит достичь поставленной цели.

Наш прогноз оправдался уже в 2022 году, когда стало понятно, что достичь рентабельности не получится, что единственной технологией, использование которой позволит сформировать рентабельные добычные проекты на баженовской свите, является технология термохимического воздействия. При этом мы предупреждали нефтяников, что цель может быть достигнута только в случае использования нашей оригинальной версии ТТХВ, которая предполагает термохимическое воздействие на пласты бажены рабочими агентами в форме сверхкритической воды, имеющей температуру на устье скважины в 550 градусов Цельсия при давлении до 40 мегапаскалей. Предлагаемый же нефтяниками «самодельный» вариант технологии, который предполагал использование СКВ с температурой на устье скважины, равной 450 градусам Цельсия и давлением до 40 мегапаскалей, оказался провальным, как мы и прогнозировали.

ТТХВ — непростая технология, изложение даже ее основы на бумаге занимает многие сотни страниц. Именно поэтому я ограничился изложением немногих важных принципов, соблюдение которых необходимо для формирования рентабельных промышленных проектов добычи нефти из баженовской свиты.

Первое: рабочие агенты воздействия ТТХВ должны иметь предельно допустимые термобарические значения, как я уже говорил. Второе: рабочие агенты технологии термохимического воздействия кратно увеличивают проницаемость баженовского пласта (для этого разработаны десятки технологических приемов — субтехнологий ТТХВ). Третье: рабочие агенты технологии термохимического воздействия реэнергизируют баженовский пласт. Четвертое: разработка баженовского пласта (основной этап) ведется в режиме циклического термохимического воздействия. Пятое: отбор нефти ведется в режиме фонтанирования скважины при недопущении компактизации продуктивного пласта и сохранении аномально высокого давления. Шестое: проведение водных или углекислотных гидравлических разрывов пласта (ГРП), как и на основе скантановой камеди недопустимо. Седьмое: разработка баженовской свиты в силу ее естественной листоватости должна вестись горизонтальными или наклонно-направленными скважинами, оснащенными радиальными необсаженными стволами малого диаметра. И, наконец, восьмое: в случае использования короткостойных горизонтальных скважин допускается применение нескольких мало-мощных ГРП на основе скважинных углеводородных газов (СУГ) — смеси пропана и бутана.

ТТХВ — непростая технология, изложение даже ее основы на бумаге занимает многие сотни страниц. Именно поэтому я ограничился изложением немногих важных принципов, соблюдение которых необходимо для формирования рентабельных промышленных проектов добычи нефти из баженовской свиты.

Первое: рабочие агенты воздействия ТТХВ должны иметь предельно допустимые термобарические значения, как я уже говорил. Второе: рабочие агенты технологии термохимического воздействия кратно увеличивают проницаемость баженовского пласта (для этого разработаны десятки технологических приемов — субтехнологий ТТХВ). Третье: рабочие агенты технологии термохимического воздействия реэнергизируют баженовский пласт. Четвертое: разработка баженовского пласта (основной этап) ведется в режиме циклического термохимического воздействия. Пятое: отбор нефти ведется в режиме фонтанирования скважины при недопущении компактизации продуктивного пласта и сохранении аномально высокого давления. Шестое: проведение водных или углекислотных гидравлических разрывов пласта (ГРП), как и на основе скантановой камеди недопустимо. Седьмое: разработка баженовской свиты в силу ее естественной листоватости должна вестись горизонтальными или наклонно-направленными скважинами, оснащенными радиальными необсаженными стволами малого диаметра. И, наконец, восьмое: в случае использования короткостойных горизонтальных скважин допускается применение нескольких мало-мощных ГРП на основе скважинных углеводородных газов (СУГ) — смеси пропана и бутана.

Утилизация нефтяных шламов, очистка территорий и почвы от химических загрязнений, переработка органических бытовых отходов путем сверхкритического водного окисления или газификации — все это дополнительные технологические опции горизонтальной диверсификации дальнейшего развития ТТХВ, которые вполне себе могут стать основой для новых технологических кластеров и научных центров в России. ●

«Ойл Ресурс» подписала соглашение о стратегическом партнерстве с КФУ. Ведется работа по подписанию аналогичного документа и со «Сколтехом».

Как можно решить проблему углеродных выбросов при использовании современных методов добычи трудноизвлекаемой нефти?

СЕМЕН ГАРГАУЛЬ: Мы не можем принимать на себя ответственность за все технологии, которые могут быть использованы для этого. Пусть о них расскажут их разработчики. Что же касается технологии термохимического воздействия, то речь может идти прежде всего об использовании в качестве топлива для генераторов сверхкритической воды или ультрасверхкритической воды попутного нефтяного газа и/или природного газа и оснащении генераторов СКВ/УСКВ устройствами каталитического дожигания дымовых газов. В этой связи стоит отметить, что использование природного газа для генерации рабочих агентов воздействия ТТХВ существенно увеличит внутренний рынок природного газа в РФ. На данном этапе развития ТЭК рентабельное использование систем сбора и утилизации CO2 представляется маловероятным.

Какие технологические инновации должны быть приоритетом для российских нефтяных компаний, чтобы не только повысить объемы добычи, но и минимизировать экологические риски?

СЕМЕН ГАРГАУЛЬ: ТТХВ вполне может быть таким приоритетом. Необходимо понимать, что абсолютно чистых нефтегазодобычных или энергогенерирующих технологий не существует. Так называемая концепция «зеленой энергии», мягко говоря, скрывает реальную картину. Косвенные выбросы CO2 при генерации одного киловатт-часа ветровой электроэнергетики составляют примерно 11 граммов. Да, это мало по сравнению с 490 граммами на один киловатт-час при генерации электроэнергии на основе сжигания природного газа. Но при этом замалчивается расчет выбросов CO2 при создании и утилизации ветряков, лопастей их турбин, которые изготавливаются из стеклопластика и стальных конструкций.

Может ли использование ТРИЗ в России стать катализатором создания новых промышленных кластеров и научных центров, способствующих развитию инноваций в смежных отраслях?

СЕМЕН ГАРГАУЛЬ: Повторюсь, мы не можем принимать на себя ответственность за все технологии разработки ТРИЗ. Но стоит, например, отметить, что используемый для генерации рабочих агентов воздействия в технологическом комплексе ТТХВ генератор ультрасверхкритической воды вполне может применяться в рамках концепции распределенной энергетики для выработки тепловой и электрической энергии в непосредственной близости от потребителя.

Утилизация нефтяных шламов, очистка территорий и почвы от химических загрязнений, переработка органических бытовых отходов путем сверхкритического водного окисления или газификации — все это дополнительные технологические опции горизонтальной диверсификации дальнейшего развития ТТХВ, которые вполне себе могут стать основой для новых технологических кластеров и научных центров в России. ●



Для повышения отдачи от трудноизвлекаемых запасов нефти в России нужно инвестировать в их разработку несколько триллионов рублей.

БАЖЕНОВСКАЯ СВИТА

Источник: Минэнерго России



ИНФОГРАФИКА: РФ — ЛЕОНИД РЫБЕЦОВ / КАЛЬКУЛЯЦИЯ: МИХАИЛ