

# Зарубежный опыт увеличения нефтяных запасов за счет тяжелой высоковязкой нефти и природных битумов

**Н.И. ИСКРИЦКАЯ**, кандидат экономических наук, ФГУП «ВНИГРИ», Санкт-Петербург. E-mail: nii@vnigri.ru, ins@vnigri.ru

Зарубежный опыт практического освоения запасов тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов показывает возможность пополнения ресурсной базы углеводородов за счет нетрадиционных источников сырья.

*Ключевые слова:* прирост запасов, нефть, природные битумы, добыча, «синтетическая» нефть, налоги

## **Изменение доказанных запасов нефтедобывающих стран за счет тяжелой высоковязкой нефти и природных битумов**

Энергетический баланс изменяется по мере развития научно-технического прогресса, и в результате появления новых технологий трансформируется представление о традиционных и нетрадиционных ресурсах углеводородов. За последнее десятилетие неоднократно происходили резкие изменения объемов доказанных (рентабельных) запасов нефти отдельных стран за счет тяжелой и сверхтяжелой нефти, которая ранее считалась нетрадиционным источником углеводородов и при подсчете запасов не учитывалась. В 2010 г. Венесуэла увеличила доказанные запасы нефти на 40%, до 296,5 млрд барр., и заняла по этому показателю первое место в мире. В мае 2003 г. извлекаемые нефтяные запасы Канады возросли за год более чем в 36 раз – с 4,9 до 180 млрд барр.

В настоящее время по величине нефтяных запасов Венесуэла и Канада закрепились в тройке лидеров вместе с Саудовской Аравией. Это означает, что в этих странах разработка трудноизвлекаемых запасов – тяжелых высоковязких нефтей (ТВН) и природных битумов (ПБ) рентабельна в сегодняшних экономических условиях.

Тяжёлые нефти отличаются от обычных, более лёгких, не только повышенной плотностью, но и комплексным составом. Кроме углеводородов они содержат нафтеновые кислоты, сульфокислоты, простые и сложные эфиры, редкие цветные металлы (ванадий, никель, титан и др.) в кондиционных концентрациях. Тяжёлые нефти в значительной степени относятся к высоковязким, т.е. характеризуется вязкостью в пластовых условиях (выше 30 мПас). Особые сложности возникают при разработке сверхвязких нефтей и природных битумов, вязкость которых в пластовых условиях превышает значение 200,0 мПас. Часто содержание серы в составе ТВН превышает 2%, т.е. они являются ещё и высокосернистыми. Все отмеченные свойства позволяют отнести их к категории трудноизвлекаемых запасов. Для промышленного освоения месторождений ТВН нужны специальные технологии добычи, транспортировки и переработки, которые не только учитывают их особенности, но и требуют повышенных энергетических и других материальных затрат.

Интерес к промышленному освоению месторождений ТВН и ПБ наблюдается с середины 1970-х годов. Он был вызван энергетическим кризисом, который заставил по-новому осмыслить процесс освоения месторождений невозобновляемых энергетических ресурсов и решить проблему независимости развитых стран от поставщиков нефти и газа за счет поиска альтернативных источников энергии. Это привело к тому, что в развитых странах на правительственном уровне принимались крупномасштабные энергетические программы, нацеленные как на расширение и рациональное использование своей сырьевой базы углеводородного сырья, так и на поиск альтернативных источников энергии. В результате появились новые отрасли промышленности по добыче ТВН и ПБ. Наиболее успешно развиваются промышленные технологии добычи этих источников углеводородного сырья в Канаде, США, Венесуэле.

В США развитие добычи ТВН и ПБ было связано со строительством установок по облагораживанию и переработке добываемого сырья и получением «синтетической» нефти. В 1970-е годы там существовала проблема недозагрузки нефтеперерабатывающих заводов, а сырьевая база страны могла наращиваться лишь за счет разработки ТВН и ПБ. Нефтепродукты

завозились в США из других стран, что негативно сказывалось на конкурентоспособности отечественных производств. С появлением мощностей по переработке ТВН и ПБ возросший спрос на сырье всколыхнул и развитие добычи в Калифорнии, Техасе, регионе Мексиканского залива, а также в провинции Альберта в Канаде.

### **Опыт промышленного освоения природных битумов Канады**

В Канаде в 1970-е годы не было другого отечественного источника для восполнения естественного падения добычи нефти разрабатываемых месторождений, кроме нефтеносных песков, поэтому правительство оказало государственную поддержку предприятиям, занятым разработкой и промышленным внедрением технологий получения нефти из этого вида альтернативного сырья. На первом этапе предприятия практически не платили никаких налогов, достаточным условием их существования была способность владельцев лицензий покрывать издержки производства. Федеральное правительство Канады освобождало недропользователей от уплаты налога на истощение недр и даже давало отсрочку на взимание подоходного налога до тех пор, пока не окупятся капитальные вложения.

Для государства было выгоднее получать тяжелую нефть и развивать собственные технологии ее переработки, чем покупать нефть за рубежом. Кроме того, решались и социальные вопросы. В связи с падением добычи обычной нефти в нефтедобывающей отрасли прошли масштабные сокращения штатов, росло число нефтяников, получавших пособие по безработице. В начальный период нефтяные пески осваивали вахтовым методом, но по мере повышения доходности проектов развивалась инфраструктура региона, росла численность местного населения.

В 2001 г. в Канаде добыча тяжелой нефти и сырого битума впервые превысила объемы легкой нефти и нефти средней плотности, добытые традиционными методами, а в 2004 г. нефтеносные пески и месторождения тяжелой нефти обеспечили около 60% от общей добычи нефти. Эта тенденция наблюдалась и в 2005–2012 гг.: добыча нефтяных битумов

удвоилась, а легкой нефти – практически не изменилась. Доля добычи нефтяных песков и тяжелой нефти возросла с 62% в 2005 г. до 71% в 2012 г. (по данным независимого Агентства энергетических исследований при правительстве Альберты). Средняя цена тяжёлой нефти в 2012 г. составляла 425,3 долл./м<sup>3</sup>, или более 80% от цены на лёгкую нефть<sup>1</sup>.

В настоящее время в Канаде приблизительно 240 тыс. рабочих мест прямо или косвенно связаны с разработкой месторождений нефтеносных песков. Ожидается, что число занятых в ближайшие годы возрастет до 450 тыс.

В результате государственной поддержки канадцам удалось сформировать успешно работающую отрасль промышленности по разработке нефтеносных песков, которая обеспечивает страну нефтью, конкурентоспособной как по качеству, так и по цене, и стабильно пополняет бюджеты всех уровней. Налоги до выхода проекта на точку безубыточности составляли не более 1–9% от совокупного дохода компании, а в период окупаемости – повышались в зависимости от цен на нефть и достигали 25–40% от величины чистого дохода<sup>2</sup>.

По состоянию на апрель 2012 г. насчитывалось более 100 активных проектов по освоению нефтяных песков в провинции Альберта<sup>3</sup>. В основных объемы добычи составляли от 255 тыс. барр. в сутки (Athabasca Oil Sands Project (AOSP) – Shell Scotford) до 72 тыс. (Nexen Long Lake).

Добыча из нефтеносных песков осуществляется карьерным (45%) и скважинными способами (55%). Суммарная добыча природных битумов в 2013 г. составляет 1,5 млн барр. в сутки, в 2020 г. ожидается увеличение более чем вдвое, до 3,5 млн барр. в сутки.

По данным Handelsblatt, к 2020 г. совокупная нефтедобыча в Канаде может подняться до 4–5 млн барр. ежедневно, из них на добычу из нефтеносных песков придется от 3,3 до 4 млн барр. (более 80%).

---

<sup>1</sup> URL: [www.oilsands.alberta.ca](http://www.oilsands.alberta.ca)

<sup>2</sup> Искрицкая Н.И. Экономические показатели освоения месторождений природных битумов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2008. – Т.3. – № 1. URL: [http://www.ngtp.ru/rub/9/15\\_2008.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/15_2008.pdf)

<sup>3</sup> Материалы сайта правительства штата Альберта в Канаде. URL: <http://www.energy.gov.ab.ca/>

По данным Министерства энергетики Канады, производство «синтетической» нефти возросло на 65% – с 31,7 млн м<sup>3</sup> в 2005 г. до 52,5 млн м<sup>3</sup> в 2012 г. Эксплуатационные расходы разработки месторождений карьерным методом составляют 9–12 долл./барр., а скважинным – 10–14 долл. Это примерно вдвое выше себестоимости добычи легкой нефти в Канаде – 6 долл. Стоимость оборудования и инфраструктуры увеличивает издержки по добыче карьерным методом до 18–20 долл. и 18–22 долл. – для скважинных методов. Далее идет процесс преобразования полученного битума в синтетическую нефть, себестоимость которой составляет уже 36–42 долл./барр. Как видим, даже при цене на нефть 40–50 долл./барр. это производство рентабельно.

Факторы снижения себестоимости «синтетической» нефти таковы.

1. Сокращение расхода энергоресурсов на добычу породы, ее транспортировку и экстракцию битумов в среднем на 45% (использование синтетического газа, получаемого из добываемых на месте асфальтенов, взамен ранее закупувавшегося природного газа, использование замкнутого цикла оборотной воды для генерирования пара и т.д.).

2. Увеличение коэффициента извлечения битумов из породы: при разработке скважинными методами – за счет бурения горизонтальных скважин и усовершенствования паротеплового метода добычи; при разработке нетепловыми скважинными методами – за счет использования систем винтовых насосов; при разработке карьерным способом – применяя экскаваторы и самосвалы более высокой производительности.

3. Применение технологии гидравлической транспортировки битумов (вместо протяженных конвейеров и технологии естественной перекачки), что сокращает расходы, улучшает качество битумов, не требует при транспортировке углеводородных разбавителей.

4. Сокращение объемов отходов и вредных выбросов.

5. Уменьшение площадей хранилищ для пустой породы и сроков рекультивации земель.

6. Снижение объемов забора воды из естественных водоемов в производственных целях (за счет применения замкнутых циклов).

7. Использование менее энергоемких процессов получения синтетической нефти (замедленного коксования, гидрокрекинга и газификации кокса).

Положительные изменения происходили на фоне существенного роста цен на энергоносители. Отсутствие в Канаде политических рисков создает привлекательные условия для инвестиций. Получаемая «синтетическая» нефть компенсирует снижение добычи легкой нефти, что позволяет покрывать потребности Канады и обеспечивать экспорт нефти.

Канада является крупнейшим поставщиком нефти в США (около 16% потребляемой в США нефти). Практика взаимовыгодного сотрудничества между этими странами показала, что каждые два рабочих места, созданных в освоении нефтяных битумов Канады, открывают третье в США (обслуживание нефтепроводов, нефтепереработка, производство крупнотоннажной техники для добычи битумов и т.д.).

Не случайно даже в период кризиса 2008 г. в проекты освоения нефтяных песков вкладывались многомиллиардные инвестиции (19,4 млрд долл.), и не только в Канаде, но и в США, Китае, Великобритании, Нидерландах мировые лидеры ExxonMobil, ChevronTexaco, Royal Dutch/Shell, ConocoPhillips, Total Fina Elf в 2000–2007 гг. в проекты освоения нефтеносных песков инвестировали суммарно 67 млрд долл.<sup>4</sup>

Китайские корпорации вкладывают значительные средства как в освоение месторождений, так и в строительство нефтепровода от Эдмонта в Альберте до одного из глубоководных канадских портов на побережье Тихого океана, откуда нефть будет поступать в Китай. Из азиатских государств также участвует Индия (инвестиции около 1 млрд долл.). Иностранные фирмы планируют повысить мощности по добыче ТВН и ПБ в Канаде к 2028 г. в 5,5 раза. Объем планового производства данных предприятий в сумме составит 1470 тыс. барр. в сутки (28% от общего планового производства)<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Материалы сайта правительства штата Альберта в Канаде. URL: <http://www.energy.gov.ab.ca/>

<sup>5</sup> Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Макаревич В.Н., Искрицкая Н.И., Богословский С.А. Особенности освоения тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов Восточно-Европейской платформы. – С. 192.

Кроме этого, намечается деятельность добывающих предприятий Китая, Франции, Норвегии и Кореи. Абсолютный прирост производства за данный период времени предприятий этих стран в сумме составит 575 тыс. барр. в сутки (около 11% от общего объема планового производства).

Главная причина такого серьезного интереса крупных корпораций в том, что применяемые в настоящее время технологии добычи позволяют получить из нефтеносных песков Канады нефть, по качеству и себестоимости добычи сопоставимую с обычной легкой нефтью. Сами по себе высокие цены на нефть не являются показателем рентабельности месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, поскольку добыча ТВН и ПБ – энергоемкое производство, и с ростом цен на углеводороды увеличиваются издержки производства на их добычу.

По данным правительства Альберты, в 2011 г. каждый вложенный доллар в нефтяные пески создает продукции на 8 долл., причем как внутри Канады, так и за рубежом. Канадский институт энергетических исследований (CERI) оценивает инвестиции в нефтеносные пески на ближайшие 25 лет в объеме 218 млрд долл.<sup>6</sup>

Налоговые доходы штата Альберта в виде роялти от разработки нефтяных песков составили 1,9 млрд долл. в 2009–2010 гг. В течение ближайших 25 лет планируются поступления 184 млрд долл. в виде роялти. Реальность достижения поставленных задач обусловлена поступательным развитием комплексного освоения нефтяных песков.

### **Освоение тяжёлых нефтей Венесуэлы**

Помимо Канады значительные запасы ТВН имеются в бассейне реки Ориноко в Венесуэле, где их принято называть «тяжелой нефтью». Пояс Ориноко – одно из богатейших по запасам нефти месторождений мира. Его площадь составляет более 55 тыс. км<sup>2</sup>, а запасы оцениваются в 86,4 млрд барр. Глубина залегания кровли продуктивного пласта разная: от 180 м в южной зоне до 2100 м – в северной. В зависимости от глубины залегания меняется и пластовая температура –

---

<sup>6</sup> URL: [www.oilsands.alberta.ca](http://www.oilsands.alberta.ca)

от 35 до 65°С. В зонах повышенных температур нефть в пластовых условиях подвижна. Этому способствует и наличие растворенного газа в ТВН (газовый фактор доходит до 31 м<sup>3</sup>/т). Большая часть ТВН имеет плотность 1 г/см<sup>3</sup> и выше, снижаясь в некоторых зонах до 0,966 г/см<sup>3</sup>. В ТВН пояса Ориноко содержится от 2 до 4% серы (по массе) и от 200 до 1000 промилле металлов (в основном никеля и ванадия).

Промышленное освоение месторождений ТВН пояса Ориноко началось в 1960-е годы и связано с различными модификациями методов паротеплового воздействия на пласт, которые обеспечивали добычу в 1980-е годы около 250 тыс. барр. в день. В 1990-е годы стали бурить горизонтальные скважины, и добыча возросла более чем в 2,5 раза. Улучшение конструкций добывающих скважин и методов воздействия на пласт в 2000-е годы позволяет добывать в настоящее время более 1 млн барр. ТВН в день<sup>7</sup>.

Экономика Венесуэлы полностью зависима от цен на нефть. Её продажи дают более 75% экспортных доходов, около половины всех доходов государства и примерно треть ВВП. Несмотря на то, что качество венесуэльской нефти ниже обычной легкой, страна занимает 5-е место в мире по ее экспорту. Половина нефти, добываемой в Венесуэле, экспортируется в США. Цена реализации нефти на экспорт обычно ниже эталонной для США на 4 долл./барр. Себестоимость добычи нефти, по разным источникам, составляет 7,6–10 долл./барр. Ставка роялти – 16,7%, для ТВН она может понижаться до 1%, в зависимости от степени освоения месторождения. Государство изымает около 75% общей ренты в виде роялти, дивидендов, налогов, контролирует цены на нефтепродукты. Часть прибыли нефтедобывающих компаний направляется на финансирование государственных социальных программ, поэтому доля инвестиций недостаточна для развития отрасли.

Бюджет Венесуэлы рассчитан на основе средней цены за баррель нефти на уровне 60 долл., которая гарантирует его сбалансированность. Венесуэла (как член ОПЕК) для под-

---

<sup>7</sup> RECUPERACION MEJORADA DE CRUDOS PESADOS EN VENEZUELA Avances y estrategia para la Faja Petrolifera del Orinoco. Доклад на международной конференции «Эффективные технологии залежей углеводородов», Белоруссия, г. Речица, 2013 г.

держания конкурентных цен настаивает на строгом соблюдении квот. Разработка ТВН Венесуэлы невозможна без крупных иностранных инвестиций. В отличие от Канады, инвестиционный климат Венесуэлы менее привлекателен для инвесторов.

Несколько лет в Венесуэле на сложном участке месторождений тяжелой и сверхтяжелой нефти «Хунин-3» совместно с национальной нефтегазовой корпорацией *Petroleos de Venezuela* успешно работает российская компания «ЛУКОЙЛ-Оверсиз» – оператор зарубежных проектов «ЛУКОЙЛа». В конце 2006 г. в процессе проведения геологоразведочных работ на участке «ЛУКОЙЛ» обнаружил нефть, в настоящее время проводятся работы по подсчету и сертификации запасов углеводородов ряда зон нефтеносного бассейна реки Ориноко. Ведутся опытно-промышленные работы по испытанию технологий добычи ТВН (тепловые, волновые методы). Для развития отношений с Венесуэлой филиал российской компании осуществил ряд социальных программ.

В 2010 г. было создано совместное российско-венесуэльское предприятие, в состав которого вошли венесуэльская государственная корпорация *Petroleos de Venezuela* и российский Национальный нефтяной консорциум (представлен компаниями «Газпром нефть», «Роснефть», «ЛУКОЙЛ», ТНК-ВР и «Сургутнефтегаз»). Доля российской стороны в совместном предприятии – 40%, венесуэльской – 60%.

В 2013 г. «Роснефть» стала оператором-лидером проекта по разработке нефтяного блока «Хунин-6» в Венесуэле. Его геологические запасы – 52,6 млрд барр. нефти, извлекаемые – 10,96 млрд барр. Инвестиции «Роснефти» в проект «Хунин-6» составят 20 млрд долл. за 40 лет. На месторождении планируется добывать до 450 тыс. барр. в сутки (порядка 22,5 млн т нефти в год).

Формирование стабильно работающей отрасли по добыче ТВН в Венесуэле и ПБ в Канаде происходило в течение десятилетий. Конкурентоспособные технико-экономические показатели достигались при активной государственной поддержке в виде налоговых льгот. В начальный период разработки месторождений ПБ Канады издержки производства по извле-

чению битуминозных пород и получению «синтетической» нефти значительно превышали аналогичные по обычной нефти. Сейчас себестоимость «синтетической» нефти как минимум вдвое выше, чем обычной, но снижение объемов производства последней делает добычу битуминозных песков выгодным бизнесом.

В 2001 г. обеспеченность нефтяными запасами Канады оценивалась в 6,5 лет. Канаде удалось существенно прирасчитать ресурсную базу углеводородов за счет тяжелой высоковязкой нефти и природных битумов, стать экспортером нефти, повысить обеспеченность запасами до 160 лет. Таким образом, благодаря внедрению эффективных технологий в процессы добычи ТВН и дальновидной позиции государства в Канаде удалось создать конкурентоспособную отрасль добычи углеводородов из альтернативных источников.

Венесуэла является крупнейшим экспортером нефти в западном полушарии, и сохранение этого статуса возможно при условии активной разработки ТВН. Венесуэле уже удалось привлечь иностранных инвесторов, которые располагают не только капиталами, но и готовы внедрять эффективные технологии разработки, ввозить новое оборудование, но политические риски негативно влияют на темпы их деятельности. По оценкам специалистов, текущие извлекаемые запасы Венесуэлы оценены с коэффициентом нефтеизвлечения 20%. Осваиваемые в настоящее время инновационные технологии по добыче ТВН позволят увеличить коэффициент нефтеизвлечения до 45% и практически удвоить извлекаемые запасы.

Зарубежный опыт освоения тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов неоценим для наших отечественных предприятий, в балансах которых доля трудноизвлекаемых запасов становится преобладающей.