

УДК 546.881:553.982.003.1(470.13)

Суханов А.А., Петрова Ю.Э.,

ФГУП «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт (ВНИГРИ)», Санкт-Петербург, Россия ins@vnigri.spb.su

ВОЗМОЖНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ЦЕННЫХ ПОПУТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТЯЖЁЛЫХ НЕФТЕЙ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ОБЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ОСВОЕНИЯ

Статья посвящена рассмотрению схем освоения запасов тяжёлых нефтей, обеспечивающих утилизацию нефтяного ванадия и других полезных попутных компонентов нефтей, а также экономическому анализу возможностей реализации подобных схем в современных российских условиях. Вопросы, затронутые в ней, являются частью проблемы рационального, комплексного, широкомасштабного освоения тяжёлых нефтей России, и продолжают тему ранее опубликованной статьи по оценке запасов ванадия в тяжёлых металлоносных нефтях.

Ключевые слова: *тяжелые нефти, ценные попутные компоненты, ванадий, схема эффективного освоения запасов, технологии нефтепереработки, геолого-экономическая оценка, себестоимость извлечения, Усинское месторождение.*

Одним из важных аспектов проблемы освоения ресурсов полезных ископаемых является необходимость их комплексного использования, законодательно закреплённая Федеральным законом «О Недрах» от 21.02.1992, ст. 23, 23.3, 35, и Постановлением Правительства РФ «Об утверждении положения о государственном контроле за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр» № 293 от 12.05.05. Согласно этим документам, при освоении минеральных ресурсов приоритетным является их комплексное использование, достоверный учёт извлекаемых запасов основных полезных ископаемых и попутных компонентов. В предыдущей статье, посвящённой рассмотрению вопросов современного состояния оценки запасов ценных попутных компонентов, содержащихся в тяжёлых нефтях России [Суханов, Петрова, 2008], мы уже отмечали, что для жидких углеводородов (УВ), это означает наиболее полное использование содержащихся в них полезных попутных компонент-примесей.

К настоящему времени в нефтях обнаружено свыше 60 химических элементов, причём большая их часть представлена редкими металлами (РМ), многие из которых по распоряжению Правительства РФ от 16.01.1996 г. № 50-р входят в число видов стратегического минерального сырья. Помимо металлов, тяжёлые нефти являются потенциально промышленно значимым источником таких видов ценного химического сырья как сераорганические соединения и порфирины.

Из всех полезных попутных компонентов, присутствующих в нефтях, ванадий, на сегодня - единственный, для которого тяжёлые нефти являются (пока только лишь за рубежом) крупномасштабным источником промышленного получения, сравнимого по объёмам с производством из традиционного рудного сырья. Именно поэтому проблему утилизации полезных попутных компонентов тяжёлых нефтей (ТН) целесообразно рассматривать, прежде всего, на примере освоения запасов ванадия в нефтях.

В настоящее время нефтяной ванадий получают несколькими путями:

- гидromеталлургической переработкой нефтяного кокса процесса Flexicoking;
- гидро- и пирометаллургической переработкой пыли очистки и золы котлов теплоэлектростанций, использующих мазут и нефтяной кокс;
- химической переработкой никель-молибденовых и кобальт-молибденовых катализаторов процессов нефтепереработки.

Из нефтяного сырья, [Gouzhuy, 2006; Raja, 2007], получают в настоящее время 8% объёма общемирового производства ванадия. С другой стороны, в 2007 г из рудного сырья в мире было произведено 58,6 тыс. т ванадия [*Mineral Commodity Summaries, 2008*]. Таким образом, объём ванадия, произведённого в 2007 г. из нефтяного сырья составляет более чем 4,7 тыс. т.

Для сравнения следует отметить, что, по нашим оценкам, запасы нефтяного ванадия только в Канаде и Венесуэле, располагающими наиболее значительными запасами металлоносных нефтей (свыше 70% от общемировых запасов), составляют в совокупности свыше 20 млн. т. При этом, запасы ванадия в ежегодно добываемом тяжёлом УВ сырье составляют около 27 тыс. т. Это означает, что в мире ежегодно утилизируется от 14% до 20% ванадия, содержащегося в добываемых металлоносных нефтях.

По оценкам А.А. Суханова, выполненным в ходе проведения работ по теме «Разработать программы изучения и комплексного освоения природных скоплений тяжелых нефтей и газогелиевых ресурсов России» (отв. исп. Ю.Э.Петрова), выполненной за счёт средств государственного бюджета, на 2007 г. в тяжёлых металлоносных нефтях наиболее крупных (по запасам ванадия) месторождений РФ запасы пятиоксида ванадия, которые могут быть извлечены попутно с нефтью, превышают 200 тыс. т., что составляет около 2,4% от извлекаемых запасов ванадия в рудном сырье РФ. При этом, количество ванадия, потерянного в добытой в 2006 г в РФ тяжёлой промышленно металлоносной нефти составило (в пересчёте на пятиокись) 5,28 тыс. т или около 18,5% от ванадия, произведённого в РФ в 2007 г из рудного сырья. Это количество сопоставимо с объёмами

внутреннего потребления ванадия в США. Однако, *отсутствие в РФ системы крупномасштабного промышленного получения ванадия из тяжёлых нефтей приводит к тому, что столь значительные количества этого ценного металла ежегодно оказываются безвозвратно утерянными для российской экономики.*

Для того, чтобы выяснить причину, по которой за рубежом степень использования ванадиеносного потенциала нефтей не превышает 30%, а в РФ она практически равна нулю, сначала определим положение, которое занимают производства «нефтяного» и «рудного» ванадия по отношению к нефтяной и металлургической промышленностям.

Как указано выше, современное промышленное получение нефтяного ванадия осуществляется при:

- утилизации продуктов, образующихся в результате сжигания котельного топлива нефтяного происхождения;
- утилизации нефтяного кокса процесса Flexikocking;
- утилизации отработанных катализаторов процессов нефтепереработки.

Поэтому в рамках традиционной схемы освоения запасов нефти, включающей добычу, транспортировку, нефтепереработку и реализацию продукции нефтепереработки, очевидно, не образуется продуктов, которые могли бы рассматриваться как товарное сырьё для получения ванадия. Исключением является лишь нефтяной кокс процесса Flexikocking, сравнимый по содержанию ванадия с ванадийсодержащим шлаком металлургического передела. Но поскольку «удельный вес» установок, работающих на основе этого процесса, незначителен по сравнению с другими процессами глубокой термической конверсии тяжёлых нефтяных фракций, основная масса ванадийсодержащего сырья нефтяного происхождения образуется в результате сжигания нефтяного котельного топлива – топочного мазута, нефтекокса процесса замедленного коксования и др. Таким образом, в настоящее время промышленное получение нефтяного ванадия осуществляется **вне рамок традиционного (классического) процесса освоения запасов нефти**, включающего добычу нефти, её транспортировку, нефтепереработку и реализацию продуктов нефтепереработки. В отличие от нефтяного ванадия освоение его запасов ванадия, содержащихся в рудном сыре, происходит в **рамках традиционного металлургического процесса**, поскольку образующийся в ходе передела ванадиеносной железной руды ванадийсодержащий шлак является товарным сырьём для промышленного получения ванадия. Именно это **различие** является, по нашему мнению, одной из основных причин как недостаточно полного освоения запасов нефтяного ванадия за рубежом, так и практически полного отсутствия такового в

России. Таким образом, одним из основных условий эффективного освоения запасов ванадия в металлоносных ТН является интегрирование технологических процессов его промышленного получения в схему освоения запасов нефтей. Очевидно, этот вывод справедлив и для других полезных попутных компонентов ТН.

Так возможна ли «естественная» (т.е. на основе только лишь рыночных механизмов) интеграция промышленного получения нефтяного ванадия в сложившуюся в РФ схему освоения запасов нефтей, и при каких условиях, эта интеграция может происходить?

Поскольку объёмы основных целевых продуктов переработки тяжёлых нефтей в тысячи раз превышают объёмы содержащихся в них попутных компонентов, доля цены того или иного товарного продукта на основе последнего весьма мала по сравнению со стоимостью сырой нефти, не говоря уже о суммарной цене полученных из этой нефти основных целевых продуктов. Например, пусть перерабатываемая нефть содержит 120 г/т ванадия в пересчёте на пятиокись. При цене около \$20 за 1 килограмм V_2O_5 , это означает, что в 1 т данной ТН содержится 120 г. V_2O_5 , стоимость которого составляет \$2,4. При стоимости сырой нефти \$50 за баррель тонна нефти будет стоить примерно \$378, то есть, стоимость V_2O_5 , содержащейся в тонне ТН, будет составлять менее 1% (0,7%) от стоимости самой нефти. То же самое относится к большинству других полезных попутных компонентов ТН.

Возникает противоречивая ситуация. Себестоимость попутного извлечения полезных компонент ТН может быть даже значительно более низкой, чем при их извлечении из традиционного сырья. Но экономические стимулы извлекать эти попутные компоненты у нефтепереработчика при этом могут полностью отсутствовать из-за несоизмеримости величин дохода от реализации основного целевого и полезного попутного продукта.

При современном уровне развития технологий нефтепереработки, в настоящее время существует возможность приобретения и размещения на крупном нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) дополнительного оборудования, на котором из полезных попутных компонентов на высокорентабельной основе будут производиться ликвидные товарные продукты. Однако, при этом, учитывая приведённую оценку, цена их реализации будет составлять не более 1% от суммарной цены реализации основных целевых продуктов. Даже если срок окупаемости дополнительного оборудования не превышает, или существенно меньше такового для основного нефтеперерабатывающего оборудования, достаточность этих условий для принятия решения о вложении инвестиций в соответствующие изменения технологического процесса представляется весьма проблематичной.

Другое дело, если изменение технологического процесса нефтепереработки, дающее возможность извлекать полезные попутные компоненты ТН, одновременно приводит к улучшению технико-экономических показателей получения основных целевых продуктов, например, к увеличению выхода лёгких и средних дистиллятов. Но и здесь специфика, связанная с необходимостью переработки очень крупных объёмов сырья накладывает на нефтепереработчиков определённые ограничения в области выбора технологий углублённой переработки нефтей с «пониженными» качественными характеристиками. И эти ограничения, как правило, не позволяют сочетать углубление переработки углеводородного сырья с эффективной утилизацией широкого спектра ценных неуглеводородных компонентов нефти. Речь идёт, прежде всего, о существующей тенденции увеличивать глубину переработки нефтей преимущественно за счёт различных вариантов каталитических процессов. Например, катализаторы крекинг-процессов являются одним из наиболее эффективных «концентраторов» ценных металлов, содержащихся в нефтях. Ценные попутные компоненты, которые «количественно» осаждаются на катализаторах, могут быть утилизированы в процессе регенерации или переработки отработанных катализаторов. Но этот путь утилизации ценных попутных компонентов, очевидно, не является наиболее оптимальным. Во-первых, далеко не все они могут быть с достаточной степенью полноты осаждены на катализаторах. Кроме того, осаждение ценных попутных компонентов на катализаторах каталитического крекинга, скорее всего, сокращает длительность непрерывной работы последних. Поэтому, с точки зрения повышения эффективности самого процесса каталитического крекинга, наиболее подходящим следует рассматривать сырьё уже не содержащее ценных попутных компонентов.

Таким образом, извлечение некоторых редких и ценных металлов из отработанных катализаторов крекинг-процессов на некоторых крупных НПЗ является, скорее, мерой вынужденной, нацеленной на то, чтобы очевидную задачу необходимости утилизации ценных попутных компонентов хоть как-то согласовать со спецификой эффективной переработки крупных объёмов углеводородного сырья.

Ещё одним важным обстоятельством является то, что поступающая на крупные НПЗ нефть уже не является в собственном смысле слова тяжёлой металлоносной нефтью. Дело в том, что, тяжёлые нефти, как правило, отличаются слишком высокой вязкостью, чтобы их можно было транспортировать по трубопроводу на значительные расстояния до ближайшего НПЗ. Более того, НПЗ, в подавляющем большинстве, не имеют необходимого оборудования, позволяющего осуществлять эффективную (достаточно глубокую) переработку тяжёлых

нефтей. Поэтому ТН смешивают с лёгкой нефтью и в виде смеси отправляют по магистральным нефтепроводам на крупные НПЗ. В результате, нефтяная смесь, содержащая ТН, формально уже не является металлоносной, поскольку, вследствие разбавления, содержание в ней металлов уже не соответствует промышленным кондициям. Значит не существует никаких формальных оснований для требования от владельцев НПЗ внедрения технологий углублённой переработки нефтей, приводящих к утилизации ценных попутных компонентов (в первую очередь ценных и редких металлов) в виде товарных продуктов.

Из приведённых выше соображений следует, что решение задачи эффективного освоения ресурсов ценных попутных компонентов, содержащихся в тяжёлых нефтях, в рамках традиционной схемы: **добыча - транспортировка по нефтепроводу – переработка на крупных НПЗ – реализация нефтепродуктов** технологически вполне осуществимо. На практике же это решение представляется труднореализуемым из-за того, что, эта схема, изначально предназначенная для освоения запасов сравнительно лёгких нефтей, по мере их утяжеления, становится всё менее «работоспособной», как в отношении собственно углеводородов, так и в отношении *комплексности* освоения их запасов. Особенно очевидным это становится, в том случае, когда тяжёлые нефти рассматриваются как комплексное сырьё, ценные попутные компоненты которого (имеющие промышленно кондиционные концентрации), подлежат обязательной утилизации.

Таким образом, возможность «естественного» интегрирования промышленного получения ванадия и других ценных веществ из добываемых в России нефтей в традиционную схему освоения их запасов, представляется в настоящее время маловероятной.

По нашему мнению, **решение проблемы эффективного освоения ценных попутных компонентов тяжёлых нефтей должно опираться на создание таких схем освоения их запасов, в которых аспекты добычи, транспортировки и комплексной переработки, были бы согласованы между собой и могли рассматриваться как часть единой системы.**

Одним, из перспективных возможных путей решения этой задачи, является **территориально-технологическое совмещение** добычи и переработки ТН, впервые совместно предложенное ВНИГРИ, ЛГИ и ВНИИНП (В.В. Грибков и др., 1989)[Грибков, Белонин, 1989]. Этот принципиально новый подход предусматривает совмещение процессов добычи и переработки нефти в едином **добывающе-перерабатывающем комплексе (ДПК)**, который располагается непосредственно на месторождении. Указанное совмещение

направлено на оптимизацию технологических, экономических и экологических показателей освоения запасов месторождений ТН.

Возможность применения принципа территориально-технологического совмещения добычи и переработки ТН была впервые выявлена в результате анализа деятельности компаний, разрабатывающих месторождения сверхтяжёлых нефтей и природных битумов в провинции Альберта (Канада). Добываемое там углеводородное сырьё из-за аномальных физико-химических свойств непригодно для непосредственной транспортировки по трубопроводам на НПЗ в Эдмонтоне, Монреале, Торонто или Ванкувере. Более того, НПЗ в этих городах, в целом, не были оснащены соответствующим оборудованием для эффективной переработки этих высоковязких дёгтеподобных материалов, с низкими содержаниями фракций, выкипающих до 350°C. Поэтому, чтобы такое сырьё можно было использовать, оно должно пройти предварительную частичную переработку неподалёку от места добычи. Такая частичная переработка ТН называется облагораживанием. Продукт, получаемый в результате такой переработки, называется синтетической нефтью.

Первоначально, в качестве технологической основы промышленного облагораживания ТН и природных битумов провинции Альберта были задействованы два процесса:

- замедленное коксование применялось фирмой Suncor Inc.;
- более сложный процесс, «флюидкокинг» применялся фирмой Syncrude Canada Ltd (в отечественной литературе этот процесс носит название термоконтактный крекинг – ТКК).

Использование указанных процессов для предварительной переработки ТН позволяло получать помимо синтетической нефти дополнительные товарные продукты – углерод, серу, ванадий.

Процесс ТКК имеет ряд существенных преимуществ перед процессом замедленного коксования и другими чисто термическими процессами, применяемыми для превращения тяжёлого углеводородного сырья в более лёгкое. Наиболее важными из них являются:

- повышенный выход светлых УВ – фракций;
- пониженный выход кокса;
- практически полное концентрирование содержащегося в исходной ТН ванадия и ряда других ценных металлов в попутном промежуточном продукте – нефтекоксе.

Следует заметить, что в настоящий момент на заводах по облагораживанию ТН Канады основной акцент делается на другом технологическом процессе – гидрокрекинге. На основе этого процесса, например, работает завод по облагораживанию ТН компании «Шелл» в Скотфорде. Его производительность составляет свыше 24 тыс. т в сутки по сырью. Эти

установки, при их более высокой удельной капитальной стоимости и операционных расходах, позволяют получать значительно больше светлых УВ - фракций и достичь, тем самым, более высоких экономических показателей.

Тем не менее, у процессов ТКК есть одно несомненное преимущество перед более современными и эффективными процессами гидрооблагораживания ТН, требующими для рентабельной работы оборудование с очень большими единичными мощностями. Оно состоит в возможности создания рентабельно работающих установок сравнительно малой производительности (200-500 тыс. т в год по сырью). Несмотря на менее благоприятные экономические показатели работы таких установок, по сравнению с более крупными (производительностью свыше 2 млн. т в год по сырью), они способны перерабатывать на рентабельной основе сырьё месторождений ТН, отличающихся сравнительно невысокими извлекаемыми запасами.

Основное отличие работы отечественных ДПК от канадской практики создания заводов по облагораживанию тяжёлых нефтей вблизи месторождений состоит в том, что **добыча, переработка и транспортировка нефти рассматриваются как единый процесс**. При этом комплексная переработка ТН, включающая утилизацию полезных попутных компонентов, является неотъемлемой составной частью всего процесса. А суммарная экономическая эффективность будет зависеть от выбранной конкретной схемы реализации ДПК.

Перечислим основные факторы, определяющие эффективность применения территориального совмещения добычи и переработки нефти применительно к освоению запасов ТН [Искрицкая, 2007].

1. Добываемая на промысле нефть поступает на установку по себестоимости, которая, как правило, ниже базовой оптовой цены нефти в нефтепереработке.

2. Поскольку переработка приближена к промыслу, исключается значительная часть транспортных расходов.

3. Образующиеся в процессе переработки нефти жидкие углеводородные фракции и газ, а также избыточная энергия могут быть использованы в процессах интенсификации добычи нефти. Это позволяет снизить или, по крайней мере, не увеличивать себестоимость продукции, добываемой с применением этих процессов.

4. Получаемые в результате переработки ТН на промысле синтетическая нефть или нефтяные фракции, являются более ценным товарным продуктом, по сравнению с добываемой ТН.

5. Технологическая схема установки делает возможным осуществление комплекса природоохранных мероприятий, которые позволяют в значительной степени предотвратить экологический ущерб, наносимый окружающей среде в результате добычи и переработки металлосодержащих ТН.

При разработке схем территориально технологического совмещения, во ВНИГРИ в качестве технологического ядра ДПК была выбрана технология переработки ТН на основе процесса ТКК (в его различных модификациях).

Установки термоконтактного крекинга обеспечивают глубину переработки высоковязкой нефти свыше 80%, а с газификацией кокса - свыше 90%. Технология обеспечивает **практически полное извлечение попутных компонентов, деасфальтизацию и деметаллизацию получаемых нефтяных фракций**. Часть углеводородных фракций, газы и избыточное тепло, получаемые на нефтеперерабатывающей установке, могут быть использованы для теплового воздействия на пласт, без которого эффективная добыча ТН, как правило, невозможна. Их использование в технологических процессах добычи ТН позволяет достичь коэффициента нефтеотдачи свыше 40%.

Одним из продуктов переработки ТН по технологии ТКК является нефтекокс. В нём сконцентрирован практически весь ванадий, никель и целый ряд других металлов, содержащихся в ТН. В результате дальнейшей переработки нефтекокса может быть получено высоколиквидное сырьё для производства ванадия и других редких и ценных металлов. При этом, стоимость этого сырья может быть оценена на основе показателей промышленного производства ванадия.

Таким образом, реализация принципа территориально-технологического совмещения при освоении запасов ТН путём размещения на месторождении добывающе-перерабатывающего комплекса на основе технологии ТКК является вполне осуществимым и действенным средством практического решения поставленной проблемы интеграции утилизации нефтяного ванадия в общую технологическую схему освоения запасов ТН.

Теперь рассмотрим вопрос о том, как применение указанной схемы влияет на эффективность освоения запасов ТН.

С этой целью А.А.Сухановым были выполнены расчёты оценки влияния размещения описанной выше нефтеперерабатывающей установки на Усинском нефтяном месторождении на эффективность освоения запасов её пермо-карбоновой залежи.

Известно [Артёменко, Кащавцев, Фаткуллин, 2005], что на участке Усинского месторождения, насчитывающем 94 эксплуатационные скважины, проводилась

пароциклическая обработка (ПЦО) призабойных зон. Без ПЦО, в базовом режиме, добыча нефти на этом участке составляла 236,5 тыс. т. В результате применения ПЦО призабойных зон скважин было дополнительно получено 746,2 тыс. т. нефти. При этом, среднее паронефтяное отношение составило 0,611 т/т [Артёменко, Кащавцев, Фаткуллин, 2005]. Соответственно, суммарное количество пара, закачанного в скважины в ходе мероприятий по ПЦО должно составить 455928 т. Для осуществления ПЦО были использованы стационарные парогенераторные установки «Термотикс» (США) с максимальной производительностью 20т/час при потребляемой мощности 170 ГДж/час и мобильные парогенераторы «Страйзерс» с максимальной производительностью 10 т/час при потребляемой мощности 100 ГДж/час.

Если в качестве топлива для работы парогенераторов использовать добытую нефть, то её количество, необходимое для осуществления указанной ПЦО, должно составить 113982 т. Таким образом, балансовое количество дополнительно добытой нефти (с учётом нефти, использованной для получения пара в парогенераторах) составляет примерно 860,2 тыс. т.

Сравним два варианта освоения. По первому варианту дополнительно добытая в результате ПЦО товарная нефть (746,2 тыс. т.) вместе с объёмом нефти, добытой в базовом режиме (236,5 тыс.т.), плотностью 0,9620 г/см³ и содержанием серы 2,10 %, реализуются по цене, формируемой ценой на нефть марки Brent минус, скидка, определяемая разницей качества нефти марки Brent и нефти из пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения.

Формула, по которой определялась скидка, имеет следующий вид [Wason, Tordo, 2005].

$$D = K_p \cdot (\rho_{Br} - \rho_n) + K_s \cdot (S_n - S_{Br}), \text{ где:}$$

- D – скидка (\$/\$), с цены нефти марки Brent, выраженной в \$/барр., определяемая разницей качества нефти марки Brent и рассматриваемой нефти;

- K_p – величина скидки (\$/\$) при уменьшении плотности рассматриваемой нефти на 1 градус API от плотности нефти марки Brent; ρ_{Br} , ρ_n – плотности (в градусах API) нефти Brent и рассматриваемой нефти соответственно; мы приняли $K_p = 0,007$;

- K_s – скидка (\$/\$) при увеличении содержания серы в рассматриваемой нефти на 1% по сравнению с нефтью марки Brent; мы приняли $K_s = 0,056$.

По второму варианту дополнительно добытая в результате ПЦО балансовая нефть в объёме 860,2 тыс.т. вместе с объёмом нефти, добытой в базовом режиме (236,5 тыс.т.)

направляются на установку по облагораживанию нефти, производительностью свыше 1 млн. т по сырью в год. Продуктами переработки являются:

- смесь жидких УВ-фракций, в количестве 836,4 тыс. т, с плотностью 0,8850 г/см³ и содержанием серы 1,1%, реализуемые как товарная синтетическая нефть;

- УВ- газы и коксовый газ;

- нефтяной кокс, содержащий ванадий и другие ценные металлы.

Коксовый газ вместе с УВ- газами используются в качестве экологически чистого теплоносителя для обеспечения работы парогенераторов при осуществлении ПЦО. Объём этих газов с избытком обеспечивает все потребности в энергоносителях для осуществления ПЦО.

Сравнительная оценка этих двух вариантов освоения запасов нефти пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения проводилась в предположении, что цена на нефть марки Brent составляет \$50 /барр. Результаты сравнительной оценки приведены в табл. 1. Разница в выручке составляет \$26,2 млн.

Таблица 1

Результаты расчётов экономических показателей освоения запасов нефти пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения без предварительной переработки (вариант 1) и с предварительной переработкой сырья на месторождении (вариант 2)

Характеристика основного целевого продукта	Вариант 1	Вариант 2
Плотность, г/см ³ (°API)	0,9620 (15,2)	0,8850 (27,9)
Содержание серы, %	2,1	1,1
Цена, \$/т	241,5	314,5
Количество, тыс.т	982,7	836,4
Выручка от реализации, основного целевого продукта, \$ млн.	236,8	263,0

Сравним эту разницу в выручках с величиной инвестиций в создание перерабатывающей установки. Величина удельных капитальных затрат на создание установки “FLEXICOKINGTM” компанией Exxon Research составляет ориентировочно \$4300/барр. в сутки. Следовательно, величина капитальных вложений в сооружение установки FLEXICOKINGTM производительностью 1 млн. тонн в год по сырью составит около \$87 млн.

Таким образом разница в выручке, которая образуется за 3,5 года, превысит величину капитальных вложений в создание установки, благодаря которой эта разница может быть

получена. Учитывая, что продолжительность работы до капитального ремонта таких установок в среднем составляет 15 лет, можно сделать вывод о принципиальной экономической целесообразности сооружения такой установки в указанных выше условиях.

Перейдём к рассмотрению возможностей попутного получения ванадия в рамках этой схемы. Содержание ванадия в исходной нефти пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения составляет около 80 г/т. В пересчёте на пятиокись ванадия это составляет 143г/т, что указывает на то, что эта нефть является промышленно металлоносной.

Количество нефти, направляемой на переработку в данном примере составляет 1102,7 тыс.т. В результате переработки образуется около 14,2 тыс. т нефтекокса с содержанием ванадия 6200 г/т. Дополнительное сжигание этого количества кокса в специальном котле-утилизаторе, оборудованном устройствами для улавливания летучей золы приведёт к получению около 400 т концентрата с 23% -м содержанием ванадия. Продажа ванадия извлеченного из последнего даст около \$2 млн. дополнительной прибыли в ценах 2007 г.

Таким образом, приведённый выше пример убедительно доказывает, что применение разработанной во ВНИГРИ схемы территориально-технологического совмещения добычи и переработки тяжелых высоковязких нефтей, помимо эффективности и комплексности освоения последних может быть и весьма выгоден для разработчика, т.к. дает как минимум на 12 % больше прибыли по отношению к традиционной схеме разработки.

Представляется целесообразным проведение дальнейших работ над созданием более совершенных схем территориального совмещения добычи и переработки ТН, характеризующихся ещё более высокой рентабельностью и полнотой использования запасов ценных попутных компонентов.

Литература

Артеменко А.И., Кащавцев В.Е., Фаткуллин А.А Пароциклическое воздействие как один из приоритетов добычи высоковязкой нефти // Нефтяное хозяйство, 2005. - №6. - С. 113-118.

Грибков В.В., Белонин М.Д. Интенсификация хозяйственного использования запасов тяжёлых металлоносных нефтей и охраны природных ресурсов за счёт комплексных технологических решений // Попутные компоненты нефтей и проблемы их извлечения: сб. научн. Трудов. - Л.: ВНИГРИ, 1989. - С. 6-10.

Искрицкая Н.И. Пути повышения рентабельности инвестиций при разработке месторождений высоковязких нефтей и природных битумов // Сб. мат-лов Междунар. научно-практ. конф.: Актуальные проблемы нефтегазовой геологии. - СПб.: ВНИГРИ, 2007. – С. 315-322.

Суханов А.А., Петрова Ю.Э. Ресурсная база попутных компонентов тяжёлых нефтей России 0420800064\0024 // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 'лектрон. уауч. ;урнал. URL http://www.ngtp.ru/rub/9/23_2008.pdf

Bacon R. and Tordo S. Crude Oil Price Differentials and Differences in Oil Qualities: A Statistical Analyses, prepared for joint UNDP/World Bank Energy sector Management Assistance Program (ESMAP), October 2005.

Gouzhy Ye. Recovery of vanadium from LD-slag, a state of the art report // Report JK 88031, 2006-04-05, www.jernkontoret.se.

Raja B.V. Vanadium Market in the World // Steelworld, February 2007, 19.

Mineral Commodity Summaries // U.S. Geological Survey. - January 2008 URL: <http://geo-nstdi.er.usgs.gov/>

Sukhanov A.A., Petrova Yu.E.

All Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St.-Petersburg, Russia
ins@vnigri.spb.su

POSSIBILITY OF UTILIZING THE VALUABLE ASSOCIATED COMPONENTS OF HEAVY OILS IN INCREASING THE TOTAL EFFICIENCY OF THEIR DEVELOPMENT

The paper is devoted to considering the schemes of developing the reserves of heavy oils providing the utilization of oil vanadium and other useful associated oil components and also to an economic analysis of possibilities to realize such schemes under current Russian conditions. These questions are a part of the problem of rationale, complex, wide-scale developing the heavy oils of Russia; they are the continuation of subject of the previously published paper on the estimation of vanadium reserves in heavy metal-bearing oils.

Key words: heavy oils, value associated components, vanadium, scheme of efficient development of reserves, technologies of oil refining, geological-economic estimation, prime cost of recovery, Usinsk field.

References

Artemenko A.I., Kašavcev V.E., Fatkullin A.A Parocikličeskoe vozdejstvie kak odin iz prioritetov dobyči vysokovâzkoj nefti // Neftânoe hozâjstvo, 2005. - #6. - S. 113-118.

Gribkov V.V., Belonin M.D. Intensifikaciâ hozâjstvennogo ispol'zovaniâ zapasov tâželyh metallonosnyh neftej i ohrany prirodnyh resursov za sčet kompleksnyh tehnologičeskikh rešenij // Poputnye komponenty neftej i problemy ih izvlečeniâ: sb. naučn. Trudov. - L.: VNIGRI, 1989. - S. 6-10.

Iskrickaâ N.I. Puti povyšeniâ rentabel'nosti investicij pri razrabotke mestoroždenij vysokovâzkih neftej i prirodnyh bitumov // Sb. mat-lov Meždunar. naučno-prakt. konfer.: Aktual'nye problemy neftegazovoj geologii. - SPb.: VNIGRI, 2007. - S. 315-322.

Suhanov A.A., Petrova Ū.Ë. Resursnaâ baza poputnyh komponentov tâželyh neftej Rossii 0420800064\0024 // Neftegazovaâ geologiâ. Teoriâ i praktika. ėlektron. yauč. žurnal. URL http://www.ngtp.ru/rub/9/23_2008.pdf

Bacon R. and Tordo S. Crude Oil Price Differentials and Differences in Oil Qualities: A Statistical Analyses, prepared for joint UNDP/World Bank Energy sector Management Assistance Program (ESMAP), October 2005.

Gouzhy Ye. Recovery of vanadium from LD-slag, a state of the art report // Report JK 88031, 2006-04-05, www.jernkontoret.se.

Raja B.V. Vanadium Market in the World // Steelworld, February 2007, 19.

Mineral Commodity Summaries // U.S. Geological Survey. - January 2008 URL: <http://geo-nstdi.er.usgs.gov/>