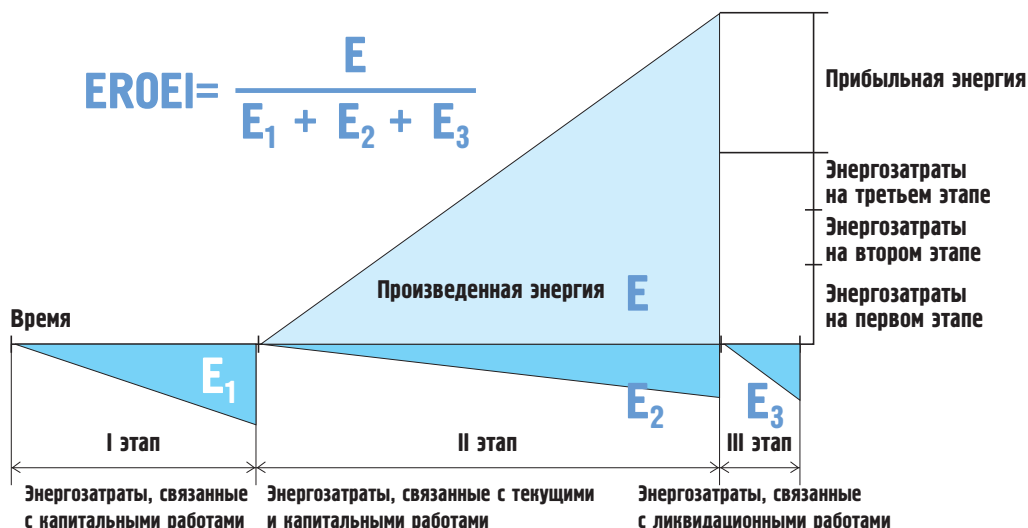


EROEI

КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ



В настоящее время на фоне приближающегося пика добычи нефти активно развиваются технологии добычи трудноизвлекаемых и нетрадиционных запасов нефти и газа, а также технологии возобновляемой энергетики. В связи с этим встает вопрос о сравнении эффективности производства разных энергоресурсов.

Одним из параметров сравнения является EROEI: отношение полученной энергии к энергии, затраченной на добычу или производственную деятельность. Чем выше EROEI, тем выгоднее для общества данный вид производства энергоресурсов. Нефть и газ в этом смысле являются уникальными, высокоэффективными источниками энергии, но, к сожалению, не возобновляемыми. Расчет EROEI дает возможность оценить перспективы разработки трудноизвлекаемых, нетрадиционных запасов нефти и газа и возобновляемых источников энергетики. Исходя из имеющихся данных, по критерию EROEI в настоящее время равноценных заменителей традиционным нефти и газу нет.

Схема расчета энергозатрат аналогична схеме расчета денежных потоков в инвестиционном анализе. Но при всей простоте концепции расчет EROEI является сложной задачей. Прежде всего, сложность возникает при учете энергозатрат, связанных с капитальными и ликвидационными работами. Но если такая методика будет разработана и принята, то EROEI может стать тем показателем, в котором нуждается Россия при оценке энергоэффективности...

В настоящее время производство нефти в мире находится на уровне 85 млн баррелей, день и, по заявлению экспертов, это близко к максимуму возможностей добычи. Тенденции таковы, что в дальнейшем, по мере истощения запасов легкодоступной нефти, будет увеличиваться в

добыче доля трудноизвлекаемой нефти (см. «*Нефти становится все меньше*»).

Мир пребывает в поисках альтернативы, будь то солнечная, ветряная энергия или биотопливо. Но насколько биологические — как и иные — источники энергии эффективны по сравнению с тра-

диционными нефтью и газом? На этот вопрос можно ответить, рассчитав показатель EROEI для каждого источника.

EROEI: энергетическая рентабельность

Насколько новые технологии получения энергии эффективны по сравнению с добычей традиционных энергоресурсов? Известно, что в зависимости от геологического строения месторождения, условий нахождения, качества нефти, климата, состояния хозяйственной и транспортной инфраструктуры будет зависеть себестоимость добычи. Чем сложнее условия, тем выше себестоимость добычи, вплоть до того уровня, когда вести добычу нецелесообразно.

Но вопрос следует задать не только для денежного выражения себестоимости, ведь в конечном итоге обществу необходима энергия, получаемая из нефти и газа, а не деньги. Энергия является двигателем развития общества, тогда как деньги — это всего лишь средство, абстракция необходимая для удобного обмена товарами и энергией между юридическими и физическими

субъектами. Поэтому также важнейшей характеристикой добычи является энергетическая себестоимость.

Тогда наряду с важным вопросом, каким общим объемом запасов нефти и газа мы располагаем, должно задать и второй вопрос: какой объем энергоресурсов мы можем добыть с необходимой для нас энергетической эффективностью? То же самое относится и к производству возобновляемых энергоресурсов: каков возможный объем производства и насколько производство энергетически эффективно?

Наряду с вопросом, каким общим объемом запасов нефти и газа мы располагаем, должно задать и второй вопрос: какой объем энергоресурсов мы можем добыть с необходимой для нас энергетической эффективностью?

Забегая вперед, следует сказать, что в случае с возобновляемой энергетикой этот вопрос особенно актуален. Традиционные нефть и газ в этом смысле являются уникальными энергоресурсами: при относительно низких затратах на добычу общество получает огромное количество энергии. Соотношение добытой энергии к затраченной было настолько велико, что на данный аспект обращалось мало внимания.

И этот вопрос в случае разработки месторождений тяжелой и сверхтяжелой нефти, сланцевого газа требует особого внимания. Здесь надо отметить, что отнесение сланцевого газа к категории нетрадиционного вряд ли верно, скорее всего, в этом случае надо говорить о природном газе в нетрадиционном коллекторе. И «сланцевый бум», особенно в Европе, в значительной степени подогревается политическими мотивами.

Известно, что любое производство должно приносить доход: выручка от деятельности должна

быть больше, чем полная себестоимость. Процентное отношение этой разности и называется рентабельностью. Применительно к производству энергоресурсов, помимо денежного дохода, производство должно быть выгодно энергетически, это очевидно: затраты энергии на добычу, транспорт и переработку сырья должны быть меньше энергии, получаемой от добытых ресурсов.

Это можно назвать «энергетической рентабельностью», или EROEI (Energy Return On Energy Invested). Впервые данную идею предложил в 70-х годах прошлого века американский ученый-биолог Чарльз Холл, профессор Университета штата Нью-Йорк, когда проводил исследования миграции рыб. Тогда он сформулировал утверждение, что «хищник не может тратить больше энергии, чем он получает в результате охоты». Далее он перенес эту идею на добычу нефти.

Когда EROEI = 1, это означает, что на одну единицу полученной

энергии из добытого сырья на его добычу пришлось затратить количество энергии равное полученной, то есть производство энергии состоялось с нулевым результатом и является по сути бессмысленным.

Расчет EROEI

Когда значение меньше единицы, это значит, что добыча энергоресурсов является энергетически убыточной и потому не-

Насколько альтернативные нефти и газу источники энергии эффективны? На этот вопрос можно ответить, рассчитав показатель EROEI для каждого источника

приемлемой. Когда значение больше единицы, это значит, что производство энергии приносит дополнительную, «прибыльную» энергию.

На первом этапе энергетические затраты связаны с необхо-

Нефти становится все меньше

Использование относительно доступной, эффективной и дешевой энергии нефти и газа способствовало бурному развитию всей нашей цивилизации в XX веке. На протяжении всего прошлого века потребление нефти и газа увеличивалось от десятилетия к десятилетию, давая возможность бурного экономического развития.

По прогнозам, потребность в первичных энергоресурсах в 2030 году достигнет 17,7 млрд тонн в нефтяном эквиваленте, а спрос на нефть может достигнуть 116 млн баррелей в день.

Тема «пика добычи нефти» все чаще обсуждается в мировой среде. К примеру, на прошедшем в прошлом году Экономическом форуме в Давосе лидер Total Тьерри Демаре говорил о том, что «производство нефти в мире не превысит 95 млн баррелей в день» и «проблемный пик добычи нефти будет достигнут в течение десяти лет, но не сегодня».

В отчете английской рабочей группы по исследованию проблемы пика добычи нефти и энергетической безопасности также говорится, что дальнейшее наращивание добычи нефти выше отметки 90–95 млн баррелей в день является сложной задачей, а пик добычи «ожидается в течение ближайших лет».

В опубликованной в феврале 2010 года статье группа кувейтских ученых, основываясь на усовершенствованной модели Хабберта, делает вывод, что пик добычи нефти будет пройден в 2014 году. Здесь следует сказать, что важна не конкретная дата, а общая тенденция ожидаемого падения объемов добычи нефти в ближайшем будущем.

Так, существует проблема структуры разведанных запасов нефти в России — в текущих разведанных запасах нефти доля трудноизвлекаемой нефти приближается к 60%. Трудноизвлекаемыми эти нефти являются или по условиям залегания, или по качеству сырья. К этой категории видимо следует отнести и большую часть запасов нефти в подгазовых залежах.

Если к этому еще добавить выход с добычей в малоосвоенные районы со сложными климатическими условиями и практическим отсутствием хозяйственно-транспортной инфраструктуры, то добыча может оказаться на грани экономической эффективности. В определенной степени это и мировая проблема.

В связи с этим возрастает добыча тяжелой (высоковязкой) нефти. Так, в 2005 году было добыто 42,5 млн тонн тяжелой и сверхтяжелой нефти, а по прогнозу к 2015 году добыча может достигнуть 200 млн тонн. Также перспективным считается производство возобновляемых энергоресурсов, среди которых, например, производство биоэтанола и биодизеля. Правда, не для России.

Расчет EROEI для разных энергоресурсов

Ресурс	Расчетные данные Ч.Холла		Данные EROEI Р.Хейнберга, 2009
	Расчетный год	EROEI	
Нефть и газ	1930	>100	
Нефть и газ	1970	30	
Нефть и газ	2005	11–18	
Общемировая добыча нефти	1999	35	19
Природный газ	2005	10	10
Уголь	1930	>100	50
Уголь	1970	30	
Битуминозные пески		2–4	5,2–5,8
Сланцевая нефть		5	1,5–4
Ядерная энергия		15	1,1–15
Гидроэнергия		>100	11–267
Ветровая энергия	2007	18	18
Фотовольтаика	2004	6–8	3,75–10
Этанол из сахарного тростника	1986	0,8–1,7	8–10 в Бразилии
Кукурузный этанол	2006	0,8–1,6	1,1–1,8
Биодизель	2008	1–3	1,9–9

димостью создать нужные условия, построить капитальные объекты, пробурить скважины, создать транспортную инфраструктуру и так далее.

После того как сделаны все необходимые капитальные работы, на втором этапе начинается непосредственно добыча энергоресурсов. На этом этапе энергетические затраты связаны с обеспечением текущей деятельности, а также дополнительными капитальными работами: бурение эксплуатационных скважин, расширение производственных мощностей и т.д.

EROEI (Energy Return On Energy Invested) – энергетическая рентабельность или соотношение полученной энергии к затраченной: хищник не может тратить больше энергии, чем он получает в результате охоты

На третьем этапе, когда запасы месторождения исчерпаны, энергетические затраты связаны с ликвидационной деятельностью. Как видно, здесь прямая аналогия с общеизвестной концепцией денежных потоков.

Таким образом, EROEI является важной характеристикой производства энергии. Очевид-

но, что чем выше EROEI, тем эффективнее производство. Это относится как к добыче традиционных энергоресурсов, так и к производству возобновляемых. Представляется очевидным, что для наибольшей общественной выгоды, при прочих равных условиях, выбор следует делать в пользу тех направлений энергетики, где EROEI выше.

При этом следует учитывать, что производство энергоресурсов характеризуется не только EROEI, важными характеристиками также являются масштабируемость производства, энергетическая плотность на единицу объема и массы, легкость в транспортировке и хранении, безопасность в применении, воздействие на окружающую среду, а также, разумеется, денежная себестоимость.

Важной задачей в нефтегазодобыче является подсчет запасов месторождений. Как известно, критерием для разделения запасов на забалансовые и балансовые является экономическая целесообразность добычи. По такому же критерию определяется объем извлекаемых запасов. Подобный денежный подход является целесообразным в условиях устойчивого рынка, когда нет сильных колебаний цен.

Именно такая ситуация была на нефтяном рынке почти весь прошлый век. В этом случае экономическая целесообразность действительно является оптимальным и действенным критерием для разделения запасов на забалансовые, балансовые и извлекаемые. Но в наше время рынок нефти отнюдь не такой.

В условиях сокращающегося предложения и растущего спроса на нефть ценовые колебания уже сейчас значительные, слабо поддающиеся прогнозам, а в дальнейшем эти тенденции будут только укрепляться. И это создаст своего рода неопределенность для подсчета запасов.

Новые условия диктуют новые требования, и вполне возможно, что рациональнее будет вести подсчет запасов не только по критерию экономической целесообразности, а также по критерию энергетической целесообразности. В этом случае мы будем иметь две оценки: экономическую и энергетическую. Это открывает новые перспективы для формирования долгосрочных программ рационального развития нефтегазовой отрасли.

Таким образом, основными направлениями применения EROEI является:

1. Оценка эффективности производства энергоресурсов, в том числе нетрадиционных и возобновляемых;
2. Перспективы формирования новых критериев для подсчета запасов.

Следует сказать, что данный вопрос самым непосредственным образом касается России, как одного из ведущих производителей энергоресурсов.

При всей простоте концепции EROEI, расчет этого показателя оказывается непростой задачей. Менее сложной частью является учет прямых энергозатрат, связанных непосредственно с производственной деятельностью. Такой учет ведется в каждой компании (возможно с другими целями), а для всей нефтегазовой отрасли в целом Росстат публикует такие данные в рамках баланса энергоресурсов.

Намного сложнее подсчитать косвенные энергозатраты, свя-

занные с капитальными работами на всех трех этапах: обустройство месторождения, разработка месторождения и ликвидационные работы. Для выполнения капитальных работ требуются материалы, на производство которых требуется энергия, и учет именно этой энергии, «связанной в материалах», является самой сложной частью.

В идеале необходимо учесть все затраты энергии, произведенные во время капитальных работ на протяжении всех этапов проекта. Но так как идеал очевидно недостижим, следует искать определенные разумные границы учета. Но и это еще не все. К примеру, первоначально месторождение необходимо открыть, а это тоже энергия. И так далее, энергетическая цепь взаимосвязей может тянуться очень и очень далеко. Аналогично дело обстоит и с возобновляемой энергетикой.

Что дает EROEI?

Ч.Холл и его группа сделали анализ имеющейся доступной информации и произвели расчеты EROEI для разных энергоресурсов, в том числе и для возобновляемых, применительно к американским условиям (см. «*Расчет EROEI для разных энергоресурсов*»). Рядом приведены обобщенные и уточненные другим авторитетным ученым — Ричардом Хейнбергом — данные.

Основной вывод по Ч.Холлу это то, что EROEI добычи нефти и газа снижается. Что очевидно, в общем-то, и без расчетов. Это естественным образом вытекает из того факта, что добыча нефти и газа на месторождении начинается с залежей относительно простого строения и с относительно высокими ФЕС пород-коллекторов и по мере истощения таких залежей смещается к залежам со сложным строением и низкими ФЕС.

Это означает, что требуется все больше и больше усилий для дальнейшей добычи, в том числе усилий, выраженных в энергетических затратах. И это верно не только для отдельно взятого месторождения, но и для всей мировой нефтегазовой отрасли в целом.

По мере ухудшения структуры разведанных запасов, увеличения доли тяжело извлекаемых запасов EROEI снижается, и добыча становится менее энергоприбыльной. В данном случае Ч.Холл получил количественное подтверждение этому.

Второй существенный вывод — это то, что по критерию EROEI замены традиционной нефти пока нет. Производство этанола, биодизеля характеризуется низким EROEI, что ограничивает возможность замены нефти данными энергоресурсами без существенных негативных изменений в экономике.

Исключением может стать производство этанола из бразильского сахарного тростника. Благодаря хорошим климатическим условиям для выращивания тростника, в итоге после переработки энергетическая эффективность производства этанола оказывается относительно высокой.

Чем выше EROEI — тем эффективнее производство. Очевидно, что для наибольшей общественной выгоды следует делать выбор в пользу тех направлений энергетики, где EROEI выше

В то же время в США производство этанола из тростника, выращенного в штате Луизиана, не так эффективно — EROEI близок к 1, что делает данное производство практически бесперспективным. Условия таковы, что производство приносит прибыль, но с точки зрения энергии это бессмысленно и даже вредно, так как отвлекает ресурсы и усилия впустую.

То же самое касается добычи нефти из битуминозных песков, тяжелой нефти и сланцевого газа. Запасы тяжелой нефти велики. И хотя добыча нетрадиционной нефти и газа в мире ведется, но энергетическая эффективность оказывается низкой.

Так, для добычи нефти из битуминозных песков (учитывая, что ведется разработка самых бога-

тых залежей) EROEI равен 5:1. Дальнейшее наращивание добычи потребует симметричного дополнительного увеличения мощностей в электроэнергетике и дополнительных объемов газа. Поэтому нефть из битуминозных песков, уже сейчас являясь экономически выгодным промыслом, не является в полной мере равным эквивалентом традиционной нефти.

EROEI добычи нефти и газа снижается. Это означает, что требуется все больше и больше усилий для дальнейшей добычи, в том числе усилий, выраженных в энергетических затратах

При этом следует учитывать, что добытая нефть нуждается в транспортировке, переработке и доставке до конечного потребителя «на бензоколонку», что тоже требует энергии. Поэтому очевидно, что существует минимальный уровень EROEI для добычи нефти, ниже которого добывать нефть для дальнейшего использования в качестве энергоресурса бессмысленно.

В российской статистике в рамках баланса энергоресурсов ведется учет потребления и производственного использования энергоресурсов по видам хозяй-

Второй существенный вывод — это то, что по критерию EROEI замены традиционной нефти пока нет. Так, для добычи нефти из битуминозных песков EROEI равен всего 5, в то время как нефти — 30

ственной деятельности, в том числе для добычи нефти и газа. На основе этих данных можно рассчитать EROEI по прямым энергозатратам, который равен 30 с незначительной тенденцией уменьшения по времени.

Но для окончательных выводов необходимо еще провести оценку косвенных энергозатрат. На сегодняшний день не существует общепринятой методики их расчета, и разработка такой методики — это задача на будущее... 