

УДК 338.001.36

КРИТЕРИИ СРАВНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАДИЦИОННЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Голоскоков А.Н.

*Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск, Россия
e-mail: anton.new@mail.ru*

Аннотация. В связи с пиком добычи нефти и ростом цен на нефть, в будущем всё больше внимания будет уделяться поиску альтернатив традиционной нефти, как в виде новых энергоресурсов, так и в виде новых технологий производства жидкого топлива. Для принятия инвестиционных решений, технологических решений, разработки энергетических стратегий необходимо уметь оценивать и сравнивать между собой различные энергоресурсы и технологии производства топлива. В статье рассматриваются критерии сравнения эффективности энергоресурсов и технологий, среди критериев можно выделить: производственно-технологический, экологический, экономический, потребительско-эксплуатационный.

Ключевые слова: пик добычи нефти, энергетический кризис, эффективность энергоресурсов, EROEI, этанол, биодизель, BTL, CTL, GTL.

Основой нашей цивилизации является энергия углеродных ископаемых: угля, нефти и газа. В течение последних 150 лет потребление углеродных ископаемых возросло кратно, и в настоящее время доля углеродного топлива в общем балансе энергоресурсов составляет более 80 %, из них 35 % приходится на нефть (рис. 1). Всего же в мире ежегодно потребляется около 11,1 миллиардов тонн топлива в нефтяном эквиваленте [10].

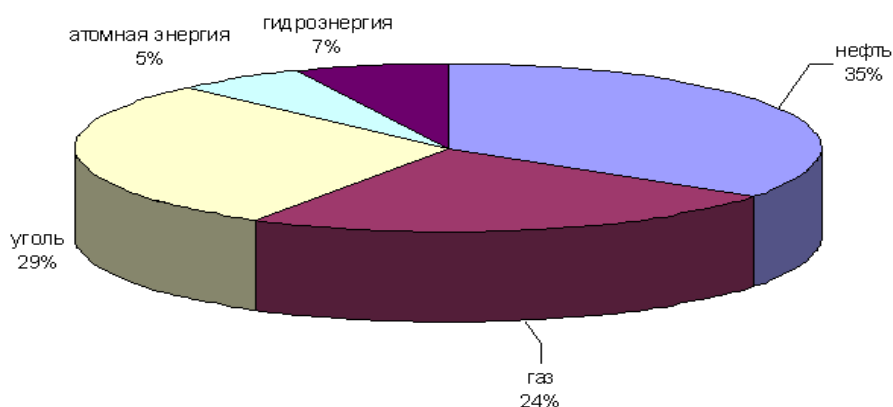


Рис. 1. Долевое распределение в мировом энергопотреблении первичных энергоресурсов, 2009 год (данные British Petroleum statistical review of world energy 2010)

Энергоресурсы различаются по своему агрегатному состоянию: жидкие, твердые, газообразные, а в случае с гидроэнергией вообще не имеют формы накопления как таковой.

В последнее время все чаще затрагивается тема «пика добычи нефти» и возможного энергетического кризиса, который будет связан с сокращением добычи нефти. В 2010 году ряд экспертных групп опубликовали отчеты, в которых анализируется ситуация в мировой нефтедобыче: запасы, перспективы прироста запасов, уровень спроса, прогноз спроса, возможности добычи, перспективы добычи. Также, в отчетах анализируется возможность прохождения в ближайшем будущем пика добычи нефти, и последствия этого для мировой экономики. В некоторых отчетах говорится о том, что пик добычи нефти с высокой вероятностью может случиться до 2020 года, после чего начнется сокращение добычи.

В отчете «Oil crunch» британских экспертов говорится, что в настоящее время мировые возможности производства жидкого топлива не превышают объем в 91-92 (около 4,6 млрд. тонн в год) миллионов баррелей в день. Эксперты предполагают, что такой или меньший уровень сохранится до 2015 года, после чего темп падения добычи нефти превысит темп ввода новых месторождений и производство начнет сокращаться [1].

В отчете американских военных «Joint operational report 2010» говорится, что к 2012 году все резервные мощности добычи нефти будут задействованы, а к 2015 году при условии роста спроса на жидкое топливо, может образоваться дефицит в 10 миллионов баррелей в день (около 500 млн. тонн в год) [2].

Аналитики из консалтинговой компании Chatham House сходятся во мнении, что дефицит поставок жидкого топлива может возникнуть уже в 2013 году, и в связи с этим не исключают возможности роста цен на нефть до 200\$/баррель [3].

В августе 2010 года произошла «утечка» в Интернет внутреннего отчета германских военных, где пик добычи нефти признается как неизбежное, и подробно анализируется уже последствия пика добычи нефти, в частности говорится, что основные проблемы, связанные с энергетическим кризисом сформируются через 15-30 лет после пика, и к ним надо быть готовым [4].

Во влиятельном журнале «Форбс» было опубликовано интервью с главным аналитиком по энергетике консалтинговой компании Weeden & Co Чарльзом

Максвеллом, он утверждает, что по расчетам его исследовательской группы пик добычи нефти случится в период между 2017-2018 годов, и в связи с этим ожидается значительный рост цен на нефть [5].

Другими словами, проблема пика добычи нефти всё больше беспокоит мировых лидеров, и обсуждение этой проблемы выносится на большую арену. В связи с пиком добычи нефти в ближайшем будущем в мире ожидается начало нового кризиса – энергетического. Важно отметить, что кризис будет связан с ограничением предложения именно жидких энергоресурсов, как следствие, значительно вырастут цены на нефть и топливо из нефти. Поэтому, поиск решений данной проблемы следует вести как минимум по двум направлениям: первое это поиск новых жидких энергоресурсов или альтернативных технологий производства жидкого топлива, и второе это технологический перевод части машин и оборудования на другие источники, например на газ, или на электричество. Если говорить о первом направлении и работать над поиском альтернативных энергоресурсов или технологий производства жидкого топлива, то в настоящее время для традиционной нефти существует несколько альтернатив:

1. Разработка битуминозных песков и производство синтетической нефти.
2. Технология Coal to Liquid (CTL), основанная на переработке угля в жидкое топливо.
3. Технология Gas to Liquid (GTL), основанная на переработке природного газа в жидкое топливо.
4. Технология Biomass to Liquid (BTL), основанная на переработке биомассы в жидкое топливо: моторный этанол из кукурузы, сахарного тростника и целлюлозы, биодизель.

Эти технологии уже могут быть промышленно внедрены и внедряются. Кроме этого существует еще ряд проектов альтернативного топлива, например водородного, также рассматриваются перспективы масштабной разработки залежей горючих сланцев (shale oil).

В будущем в связи ростом цен на нефть в мире будет все больше и больше уделяться внимания данным технологиям и поиску других. Россия не исключение, уже сейчас проводятся работы и предлагаются варианты реализации проектов производства синтетического топлива по технологиям GTL и CTL. Например,

на территории Республики Саха (Якутия) планируется создание производства метанола и жидкого моторного топлива по технологии GTL [6], идет поиск вариантов по созданию производства жидкого топлива из бурых углей. Это первые проекты, которые имеют скорее региональное значение, но с ростом цен на нефть актуальность данных технологий возрастет до федерального уровня. Для принятия верных решений, и дальнейшего совершенствования энергетической стратегии России необходимо уметь сравнивать данные технологии между собой, с традиционной нефтью и с другими перспективными энергоресурсами и технологиями. Для этого требуется определить критерии сравнения эффективности энергоресурсов.

Каждый энергоресурс и технология обладает своими плюсами и минусами. Частично эта проблема раскрывается в серии лекций Крылова И.Ф. и Емельянова В.Е., опубликованных в ряде номеров журнала «Мир нефтепродуктов». В заключительной лекции авторы предлагают рейтинговую оценку моторных топлив согласно следующим критериям [7]:

1. Токсичность – содержание бензола, формальдегида, соединений свинца, полиароматических соединений, бензопирена, NOx в отработавших газах.
2. Выбросы сажевых частиц.
3. Фотохимическое окисление углеводородов под действием ультрафиолетовых лучей, окисленные продукты которых образуют смог – ядовитую дымку, скапливающуюся в больших городах; наиболее инертен к такому превращению метан.
4. Выбросы кислых газов – суммарные выбросы NOx и SOx, в том числе и от электростанций, необходимых для получения водорода электролизом воды.
5. Создание парникового эффекта от скопления CO, CO2, CH4 и т.п. в атмосфере.
6. Загрязнение земли и воды – учитывается вред от разлива топлива, применительно к биотопливам учтено загрязнение воды нитратами и фосфатами.
7. Землепользование – сокращение посевных площадей из-за загрязнения их продуктами сгорания моторных топлив.

8. Безопасность – метан быстро рассеивается в атмосфере, пары сжиженного углеводородного газа (СУГ) тяжелее воздуха и скапливаются у поверхности земли.

9. Стоимость топлива – оценена без учета налогов, которые могут резко изменить стоимость топлива, чем может пользоваться государство для лоббирования того или иного вида топлива.

10. Инфраструктура средств заправки – станции для заправки автотранспортных средств бензином и дизельным топливом имеют развитую инфраструктуру, структура газопроводов природного газа также развита, но заправочных станций мало.

11. Удобство заправки – оценены время и сложность заправки альтернативным топливом по сравнению с заправкой бензином – учтены уменьшение места для багажа, снижение пробега автомобиля.

12. Удобство автотранспортного средства учтены уменьшение места для багажа, снижение пробега автомобиля.

Если обобщить, то можно сказать, что авторы предлагают сравнивать моторные топлива по следующим критериям:

1. Экологический:

- токсичность;
- выбросы сажевых частиц;
- выбросы кислых газов;
- создание парникового эффекта;
- загрязнение земли и воды;
- землепользование;
- безопасность.

2. Экономический:

- стоимость топлива;
- инфраструктура средств заправки.

3. Эксплуатационно-потребительский:

- удобство заправки;
- удобство автотранспортного средства.

Предлагается дополнительно выделить производственно-технологический критерий, который характеризует эффективность добычи энергоресурсов или производства топлива:

4. Производственно-технологический:

- EROEI;
- масштабируемость производства;
- постоянство производства ;
- простота добычи или производства.

Также предлагается расширить эксплуатационно-потребительский критерий еще двумя аспектами: плотность энергии на единицу объема и массы, и эксплуатационная безопасность.

Рассмотрим подробнее предлагаемые критерии.

1. EROEI – Energy returned on energy invested. Рентабельность производства или добычи энергоресурса, посчитанная в энергетических единицах. Известно, что любое производство должно приносить доход: выручка от деятельности должна быть больше, чем полная себестоимость. Процентное отношение этой разности называется «рентабельность». Применительно к добыче энергоресурсов и дальнейшему производству топлива, помимо денежного дохода, процесс должен быть выгоден 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 эту идею предложил в 70-х годах прошлого века американский ученый-биолог Чарльз Холл когда проводил исследования миграции рыб [8]. 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.

$EROEI = \text{Энергия полученная} / \text{энергия затраченная на добычу (производство)}$.

Когда $EROEI = 1$ – это значит, что на одну единицу полученной энергии из добытого сырья пришлось затратить на добычу количество энергии равное полученной, то есть производство энергии состоялось с нулевым результатом и является по сути бессмысленным. Когда значение меньше единицы – это значит, что

добыча энергоресурсов является энергетически убыточной и потому неприемлемой. Когда значение больше единицы – это значит, что производство приносит дополнительную, «прибыльную» энергию.

Схематично на примере разработки месторождения нефти это можно представить следующим образом (рис. 2). На первом этапе энергетические затраты связаны с необходимостью 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. На третьем этапе, когда запасы месторождения исчерпаны, энергетические затраты связаны с ликвидационной деятельностью. Как видно, здесь прямая аналогия с общеизвестной концепцией денежных потоков.

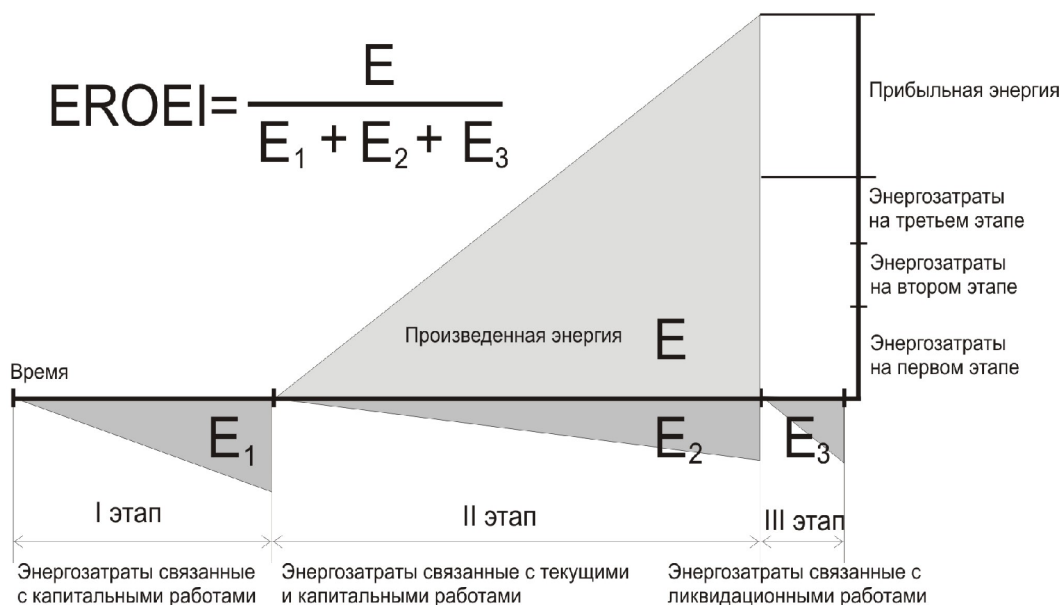


Рис. 2. Схема расчета EROEI

Таким образом, EROEI является важной характеристикой добычи энергоресурсов и производства топлива (или в общем случае просто энергии). Очевидно,

но, что чем выше EROEI – тем эффективнее добыча и 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.

Таблица 1. EROEI для некоторых видов энергоресурсов

Энергоресурс	Расчетные данные Чарльза Холла		Данные EROEI Ричарда Хейнберга, 2009 год [9].
	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	
Уголь	1970	30	50
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

Из таблицы видно, что, к примеру, производство жидкого топлива из биомассы характеризуется крайне низким EROEI и по этому критерию является неэффективным. Так, по расчетам американских специалистов, EROEI производства этанола в Америке близко к 1, что делает производство этанола с точки зрения энергии неэффективным, и даже в некотором роде бессмысленным. По этому критерию нетрадиционные и возобновляемые энергоресурсы менее эффективны, чем традиционная нефть.

2. Вторым важным критерием эффективности является масштабируемость производства. По-другому, это возможность в заданные сроки увеличить добычу или производство энергоресурса до необходимых объемов, и может выражаться как максимально возможный темп роста и максимально возможный объем добычи или производства в год. Наличие энергоресурсов, или существующая возможность производить энергоресурсы это необходимое, но не достаточное условие, потому что, к примеру, в мире есть возможность производить этанол, но нет достаточного количества пригодных для засева кукурузой или сахарным тростником земли, чтобы полностью заменить добываемую нефть. В настоящее время в мире добывается нефть в общем объеме около 3,6 млрд. тонн в год, и для того чтобы полностью заменить нефть альтернативным энергоресурсом, необходимо наладить производство соответствующих масштабов, а для этого необходимо чтобы в принципе существовала возможность создать подобное.

Много надежд возлагается на разработку битуминозных песков и производство синтетической нефти. Запасы нетрадиционной нефти огромные, в одной только Канаде извлекаемые запасы оцениваются в 143 млрд. баррелей (23,3 млрд.т.) [10], в октябре 2009 Американская геологическая служба (USGS) оценила извлекаемые запасы битуминозных песков Венесуэлы в объеме 513 млрд. баррелей (около 80 млрд.т.) [11]. Но, несмотря на такие огромные запасы и высокие цены, делающие разработку битуминозных песков экономически рентабельным делом, производство нефти из песков незначительно. Так в 2008 году всего в мире производство составило всего 1,8 млн. барр. в день (около 100 млн. тонн в год), и по прогнозу Международного энергетического агентства к 2030 году производство нефти из битуминозных песков по самым оптимистичным прогнозам увеличится всего до 5,9 (около 350 млн. тонн в год) [12]. Конечно, это внесет свой вклад, но всё же роль битуминозных песков в будущих поставках нефти будет незначительной. Существенно и резко увеличить производство нефти из песков невозможно по технологическим причинам, масштабируемость производства синтетической нефти из песков оказывается очень низкой.

Существующие технологии производства синтетического топлива из угля и газа, во-первых, требуют дополнительных объемов добычи угля и газа, которые нужны сами по себе, и, во-вторых, требуют значительных производственных

инвестиций, что в итоге оказывается проблемой для масштабного производства. Так, прогноз производства жидкого топлива из угля (CTL) на 2030 год составляет 1,1 млн. барр в день (около 65 млн. тонн в год), и из газа (GTL) – 0,4 (около 23 млн. тонн в год).

Существующие альтернативные нефти энергоресурсы, такие как биодизель, этанол, нетрадиционные источники топлива способны внести вклад в общее производство, но не в тех масштабах, которые необходимы, и по этому критерию являются менее эффективными, чем нефть.

3. Постоянство производства энергоресурса, или шире – постоянство генерации энергии. Энергия обществу необходима каждый день, нельзя допускать того, чтобы в зависимости от обстоятельств значительно снижался общий поток энергии. Добыча нефти, газа и угля легко прогнозируются на десятилетия вперед, чего нельзя сказать о производстве этанола и биодизеля, так как производство зависит от урожайности по году, что поддается прогнозу гораздо хуже. По этому критерию нефть эффективнее этанола или биодизеля. Еще сложнее в этом плане с ветровой и солнечной электрогенерацией: непостоянство производства энергии делает возможным их использование только в качестве вспомогательного источника. Как вариант, необходимо разработать и массово внедрить технологию накопления электроэнергии в те периоды, когда погодные условия способствуют этому, чтобы в дальнейшем использовать накопленную энергию в неблагоприятное для электрогенерации время.

4. Простота в добыче и производстве. Чтобы добыть (или произвести) энергоресурс требуется затратить усилия, применить технологии, истратить вспомогательные материалы. Если взять перспективную водородную энергию, то для производства и использования водородной энергии требуются сложные технологии, дорогие и редкие вспомогательные материалы (платина, палладий), что в целом значительно усложняет дело. В лабораторных и малых масштабах обеспечить производство возможно, но обществу требуются значительные объемы энергии, а значит потребуются значительные объемы вспомогательных материалов, которые сами по себе являются редкими. Кроме этого, для добычи редких материалов требуются нефтепродукты для заправки добывающих машин и оборудования. В этом смысле перспективная водородная энергия на своем современном уровне разви-

тия технологий никак не является самостоятельной. Для производства биотоплива никаких редких материалов не требуется, но для выращивания урожая требуются удобрения, для производства которых требуется природный газ.

5. Важным критерием эффективности является плотность энергии на единицу массы и объема. Принцип здесь следующий: чем больше плотность - тем лучше энергоресурс, потому что большая плотность энергии требует меньше места для хранения в конструкции машин и оборудования, использующих данный энергоресурс. Переход от дров к углю был эффективен, так как плотность энергии на единицу объема при той же массе у угля примерно в 2 раза выше чем у дров (рис. 3). Точно таким же эффективным был переход от угля к нефти. Нефть еще более «энергетически плотнее» чем уголь, и тем самым эффективнее. Чего нельзя сказать о возобновляемых энергоресурсах: биодизеле, этаноле и потенциально водороде.

Таблица 2. Удельная плотность энергии на единицу объема и массы некоторых энергоресурсов [13]

Энергоресурс	МДж/кг	МДж/м ³
Нефть	46,3	37 000
Жидкий природный газ	53,6	22 200
Уголь	18-29	23 000-35 000
Этанол	30	24 000
Биодизель	42,2	33 000
Газохол E85 (85 % этанол, 15 % бензин)	33,1	25 650
Дизель	46,2	37 300
Жидкий водород	143	10 000
Дрова	18	9 000
Литий-ионные эл. батареи	0,46-0,72	830-3600

Как видно, наиболее эффективным энергоресурсом по этому параметру является нефть. Следует отметить, что литий-ионные электробатареи имеют низкую плотность энергии, и это является одной из серьезных проблем электромобилей. Автомобили с двигателем внутреннего сгорания, работающие на бензине, эффективнее, чем электромобили: при меньшей массе они обладают большей мощностью.

Рис. 3. Удельная плотность энергии на единицу объема и массы

6. Дополнительно следует сказать про эксплуатационную безопасность, так как это немаловажный критерий применительно к энергоресурсам. Например, для водородной энергии безопасность в транспортировке и использовании является ключевым моментом и одним из слабых звеньев. Для водорода требуются дополнительные серьезные меры безопасности, что значительно усложнит процесс массового внедрения, и кроме этого повысит общий уровень техногенных рисков. По этому критерию нефть является не безопасным энергоресурсом, но приемлемым.

На протяжении десятилетий цены на нефть были стабильны и держались на относительно низком уровне (за исключением нескольких лет кризиса на Ближнем Востоке), проблема альтернативных энергоресурсов была неактуальной. В настоящее время, в связи с пиком добычи и высокой неопределенностью с ценами на нефть, проблема поиска альтернативы нефти стала актуальной. Появляются новые технологии производства жидкого топлива, добычи нетрадиционной нефти и других энергоресурсов. Новые технологии конкурируют между собой, и для принятия решений в вопросах инвестирования, планирования ТЭБ важно понимать критерии сравнения эффективности, и тем самым избежать ошибок и иллюзий. Например, в настоящее время очень популярна тема технологий BTL, как экологически чистых и возобновляемых, но по критерию EROEI на данном этапе своего развития эти технологии в большинстве случаев для формирования ТЭБ не представляют интереса, даже не смотря на то, что являются коммерчески прибыльными. Так как EROEI технологий BTL оказывается около 1 (за исключением жарких стран с хорошими климатическими условиями для выращивания сырья), то с энергетической точки зрения это бессмысленное производство, и поэтому усилия следует переключить на другие технологии. В Америке ряд ученых, в том числе доктор Роберт Хирш прямо говорит об этом, что технологии BTL существенно проблематичны, и следует концентрировать внимание на GTL и CTL [14]. Другой пример, это разработка битуминозных песков и горючих сланцев, где существует ряд технологий различных между собой и которые можно сравнить по критерию EROEI и тем самым обозначить наиболее и наименее эффективную.

Критерии сравнения эффективности необходимы для принятия взвешенных и правильных решений инвесторам, специализирующимся на энергетических технологиях, ученым технологам при разработке технологий, государственным чиновникам для формирования федеральной и региональных энергетических стратегий, для написания методик оценки эффективности проектов связанных с альтернативной энергетикой.

Еще один важный момент, связанный с пиком добычи нефти заключается в том, что нефть в целом, как выясняется, является самым эффективным энергоресурсом. На протяжении всей истории человечества знания о природе увеличивались, технологии совершенствовались, и общество получало новые энергоресурсы, каждый из которых был эффективней предыдущего. Так, уголь был эффективнее дров, нефть и газ эффективнее угля. Более эффективные энергоресурсы в конечном итоге приводят к повышению производительности машин и оборудования (и в целом труда), что является одним из движущих факторов экономического роста. В настоящее время пока не наблюдается новых прорывов в сфере энергоресурсов, а существующие альтернативные технологии производства жидких энергоресурсов менее эффективны, чем традиционная нефть. В связи с этим уместно затронуть вопрос об экономическом росте, будет ли возможен экономический рост после пика добычи нефти, в условиях дефицита нефти и отсутствия более эффективных заменителей нефти? Качество и количество природных ресурсов является основным фактором экономического роста, прямо и косвенно влияющим на экономический рост, и этот фактор после пика добычи будет негативно влиять на рост. Чтобы компенсировать негативное влияние этого фактора, придется искать новые возможности и более эффективно использовать другие факторы. Таким образом, пик добычи нефти поставит ряд сложных вопросов не только перед геологами и технологами, но и экономистами, которым придется определить новые принципы функционирования экономики, в условиях дефицита энергоресурсов.

Литература

1. The Oil Crunch. A wake-up call for the UK economy. Second report of the UK Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security (ITPOES). URL: <http://peakoiltaskforce.net/> (дата обращения 10.09.2010).
2. Joint operating environment 2010 // United States Joint Forces Command. URL: http://www.jfcom.mil/newslink/storyarchive/2010/JOE_2010_o.pdf (дата обращения 10.09.2010).
3. Sustainable Energy Security // Lloyd's 360° risk insight. URL: http://www.chathamhouse.org.uk/files/16720_0610_froggatt_lahn.pdf (дата обращения 10.09.2010).
4. Military Study Warns of a Potentially Drastic Oil Crisis // Spiegel Online 1.09.2010. URL: <http://www.spiegel.de/international/germany/0,1518,715138-2,00.html> (дата обращения 10.09.2010).
5. Bracing For Peak Oil Production By Decade's End // Forbes Online 13.09.2010 URL: http://www.forbes.com/2010/09/13/suncor-energy-oil-intelligent-investing-cenovus_2.html (дата обращения 15.09.2010).
6. Восточно-Сибирская газохимическая компания. Пресс релиз от 25 августа 2010. URL: http://esgpc.ru/files/esgpc_pr20100826_minregion.pdf (дата обращения 10.10.2010).
7. Крылов И.Ф., Емельянов В.Е. Альтернативные моторные топлива. Производство, применение, перспективы. Лекция 11 (заключительная). Рейтинг альтернативных топлив и предполагаемые периоды их внедрения // Мир нефтепродуктов. №3. 2008. С. 44-47.
8. Charles A. S. Hall. EROI: definition, history and future implications. URL: <http://www.esf.edu/efb/hall/talks/EROI6a.ppt> (дата обращения 10.09.2010).
9. Richard Heinberg. Searching for a miracle: Net Energy limits and fate of industrial society // Post carbon Institute, September 2009. URL: <http://www.postcarbon.org/report/44377-searching-for-a-miracle> (дата обращения 10.09.2010).
10. BP statistical review of World Energy 2010. URL: <http://www.bp.com/statisticalreview> (дата обращения 10.09.2010).
11. An Estimate of Recoverable Heavy Oil Resources of the Orinoco Oil Belt, Venezuela // USGS. URL: <http://pubs.usgs.gov/fs/2009/3028/pdf/FS09-3028.pdf> (дата обращения 10.09.2010).

12. The International Energy Outlook 2010 // Energy Information Administration (EIA). URL: <http://www.eia.gov/oiaf/ieo/index.html> (дата обращения 10.09.2010).

13. Плотность энергии // Википедия.
URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Плотность_энергии (дата обращения 10.09.2010).

14. The Impending World Energy Mess with Robert L. Hirsch // URL: <http://energycrash.blogspot.com/2010/09/impending-world-energy-mess-with-robert.html> (дата обращения 10.10.2010).

15. Ветроэнергетика // Википедия.
URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/ветроэнергетика/> (дата обращения 10.09.2010).

16. Kjell Aleklett, Mikael Höök Kristofer Jakobsson, Michael Lardelli, Simon Snowden and Bengt Söderbergh. The Peak of the Oil Age – Analyzing the world oil production Reference Scenario in World Energy Outlook 2008.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.021> (дата обращения 1.09.2010).

CRITERIA OF EFFECTIVENESS OF TRADITIONAL AND ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY

A.N. Goloskokov

*Institute of Oil and Gas Problems of
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia
e-mail: anton.new@mail.ru*

Abstract. *In case with peak oil and rising oil prices, in the nearest future more attention will be given to finding alternatives to conventional oil, as in the form of new energy sources, and as new technologies for production of liquid fuels. For investment business, technological cases, development of energy strategies we must be able to evaluate and compare various energy sources and technologies of fuel. The paper examines the criteria for comparing the efficiency of energy resources and technologies, among the criteria can be identified: industrial-technological, environmental, economic, consumer criteria.*

Keywords: *peak oil, energy crisis, efficiency, EROEI, BTL, CTL, GTL*

References

1. The Oil Crunch. A wake-up call for the UK economy. Second report of the UK Industry Taskforce on Peak Oil & Energy Security (ITPOES).
URL: <http://peakoiltaskforce.net/> (last accessed on 10.09.2010).
2. Joint operating environment 2010 // United States Joint Forces Command.
URL: http://www.jfcom.mil/newslink/storyarchive/2010/JOE_2010_o.pdf (last accessed on 10.09.2010).
3. Sustainable Energy Security // Lloyd's 360 risk insight URL:
http://www.chathamhouse.org.uk/files/16720_0610_froggatt_lahn.pdf (last accessed on 10.09.2010).
4. Military Study Warns of a Potentially Drastic Oil Crisis // Spiegel Online
1.09.2010 URL: <http://www.spiegel.de/international/germany/0,1518,715138-2,00.html>
(last accessed on 10.09.2010).
5. Bracing For Peak Oil Production By Decade's End // Forbes Online
13.09.2010 URL: http://www.forbes.com/2010/09/13/suncor-energy-oil-intelligent-investing-cenovus_2.html (last accessed on 15.09.2010).
6. East Siberian Gas Chemical Company. Press Release 25 August 2010. URL:
http://esgpc.ru/files/esgpc_pr20100826_minregion.pdf (last accessed on 10.10.2010)

7. Krylov I.F., Emel'yanov V.Ye. Al'ternativnye motornye topliva. Proizvodstvo, primeneniye, perspektivy. Lektsiya 11 (zaklyuchitel'naya). Reiting motornykh topliv i predpolagaemye periody ikh vnedreniya. (Alternative motor fuels. Production, application, prospects. Lecture 11 (final). Alternative fuels rating and supposed time constraints for their introduction). *Mir nefteproduktov (World of oil products)*, 2008, Issue 3, pp. 44-47.

8. Charles A. S. Hall. EROI: definition, history and future implications. URL: <http://www.esf.edu/efb/hall/talks/EROI6a.ppt> (last accessed on 10.09.2010).

9. Richard Heinberg. Searching for a miracle: Net Energy limits and fate of industrial society // Post carbon Institute, September 2009. URL: <http://www.postcarbon.org/report/44377-searching-for-a-miracle> (last accessed on 10.09.2010).

10. BP statistical review of World Energy 2010. URL: <http://www.bp.com/statisticalreview> (last accessed on 10.09.2010).

11. An Estimate of Recoverable Heavy Oil Resources of the Orinoco Oil Belt, Venezuela // USGS. URL: <http://pubs.usgs.gov/fs/2009/3028/pdf/FS09-3028.pdf> (last accessed on 10.09.2010).

12. The International Energy Outlook 2010 // Energy Information Administration (EIA). URL: <http://www.eia.gov/oiaf/ieo/index.html> (last accessed on 10.09.2010).

13. Energy density // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_density (last accessed on 10.09.2010).

14. The Impending World Energy Mess with Robert L. Hirsch. URL: <http://energycrash.blogspot.com/2010/09/impending-world-energy-mess-with-robert.html> (last accessed on 10.10.2010).

15. Wind power // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power (last accessed on 10.09.2010).

16. Kjell Aleklett, Mikael Höök Kristofer Jakobsson, Michael Lardelli, Simon Snowden and Bengt Söderbergh. The Peak of the Oil Age – Analyzing the world oil production Reference Scenario in World Energy Outlook 2008.

URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.021> (last accessed on 1.09.2010).