

# ОБЗОР СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

**В.И. Салыгин, И.И. Литвинюк**

---

Московский государственный институт международных отношений (университет)  
МИД России. Россия, 119454, Москва, проспект Вернадского, 76

---

Каким путём будет происходить развитие глобальной энергетической системы – один из ключевых вопросов концепции устойчивого развития. Энергетика на современном этапе одновременно представляется как решением ряда глобальных проблем человечества, так и причиной их возникновения. В связи с этим, с целью выявления общемировых тенденций развития энергетики и прогнозирования её будущего состояния ряд специализированных международных организаций, исследовательских институтов и отраслевых экспертов направляют свои усилия на поиск ключевых факторов и движущих сил, которые будут определять динамику и направление развития энергетической системы.

Настоящая статья посвящена обзору сценариев развития энергетики мира и сравнению базовых прогнозов, публикуемых ведущими мировыми специализированными организациями, в число которых входят Международное энергетическое агентство, Мировой энергетический совет, Организация стран-экспортёров нефти и другие. Проводится анализ количественных и качественных оценок ряда показателей развития энергетической системы мира, обеспечивающих выстраивание глобальной энергетической картины на момент времени в будущем.

В статье рассмотрены различные подходы указанных организаций к прогнозированию и построению сценариев, выявляются мотивы к выдвижению различных энергетических парадигм как средств достижения собственных целей и следствий индивидуального видения эксперты сообществом складывающихся в настоящее время тенденций развития. В рамках настоящего исследования проведена группировка наиболее совершенных из существующих на сегодняшний день моделей развития энергетики, выявлены их преимущества и недостатки и показаны различия в подходах к моделированию у основных специализированных международных организаций.

---

**Ключевые слова:** международные организации, моделирование, прогнозирование, структура энергопотребления, сценарии, ТЭК, устойчивое развитие, энергетика, энергетическая безопасность, энергетический баланс, энергоресурсы.

---

Настоящее исследование основано на анализе ряда прогнозов и обзоров, подготовленных международными организациями, компаниями топливно-энергетического комплекса и исследовательскими институтами, в том числе Международным энергетическим агентством (МЭА) [27], Мировым энергетическим советом (МЭС) [28], Организацией стран-экспортёров нефти (ОПЕК) [32], некоторыми исследовательскими центрами Европейского союза (ЕС) [12; 23; 29; 30], Управлением США по информации в области энергетики (УЭИ) [4], Институтом энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН) [16], компаниями BP [5], Eni [31], ExxonMobil [13; 14; 24], Shell [19; 20] и Statoil [10].

Первоначальный обзор сценариев даёт чёткое понимание того, что фундаментально результаты каждого из них опираются лишь на предположения, экспертные мнения и некоторые предпосылки, которыми руководствуются конкретные разработчики [8; 15; 25]. По этой причине количественные оценки в сценариях заметно разнятся между собой. При этом качественные оценки зачастую совпадают, однако единая их комбинация среди рассмотренных в настоящей статье прогнозов не встречается.

Разнородность результатов моделирования связана, в первую очередь, с набором входных данных, описывающих её текущее состояние, и их приоритезацией в зависимости от действующей в стране (регионе, отдельной компании) энергетической парадигмы. Различные подходы к анализу данных, тем не менее, имеют единой целью установление отправной точки для дальнейшего исследования, которое, в зависимости от внешних установок, представляет собой «прогнозирование» или «построение сценариев» [17].

Процесс прогнозирования предполагает достижение конкретного состояния системы, основанного на исходных данных и динамическом изменении показателей во времени, а также на экспертных предположениях. Методологический подход, применяемый при подобном моделировании, базируется на анализе, начинающемся с нижних уровней иерархии (восходящий подход). В свою очередь, построение сценариев включает в себя проработку нескольких вариантов дальнейшего развития и, следовательно, состояний системы в будущем (нисходящий анализ). Выстраивание гипотез и установление желаемых параметров сопровождается последующей разработкой мер достижения той или иной энергетической картины мира.

Исходя из индивидуально поставленных целей, моделирование проводится посредством применения экономико-математических моделей, учитывающих перечень показателей, зачастую схожих с точки зрения их качественной интерпретации, однако имеющих различную количественную оценку, а также оценку степени их взаимосвязи и межфакторной корреляции [9; 26]. Некоторые модели включают уникальные

параметры, которые могут быть применены исключительно для решения задач, поставленных в рамках конкретного исследования [7].

В мире на сегодняшний день существует более 50 моделей [21], разработанных различными специализированными организациями и энергетическими компаниями и позволяющих осуществить прогнозирование развития энергетической системы на глобальном, региональном, субрегиональном и национальном уровнях. Модели регулярно пересматриваются, дополняются актуальными данными и совершенствуются в целях получения наиболее достоверных, на взгляд разработчиков, результатов. Наиболее совершенные современные модели представлены в таблице 1. Примечательно, что эти модели не используются частными нефтегазовыми компаниями, чьи прогнозы основываются на внутренних оценках и представлениях о тенденциях развития отрасли, которые сложатся на энергетических рынках под влиянием инвестиционного климата, развития технологий, экономической и геополитической ситуации.

Каждая организация применяет выбранную ею модель для построения нескольких сценариев (чаще всего – пессимистичного, реалистичного и оптимистичного). Сценарии различаются между собой, преимущественно, степенью согласованности экономических и политических мер, которые могут принять правительства рассматриваемых стран для достижения цели устойчивой энергетики, а также наличием стимулов технологического развития и изменением модели поведения потребителей энергоресурсов (промышленности, транспорта и домохозяйств) [21]. Детальный обзор прогнозов развития энергетики требует обширного исследования. В настоящей статье анализируются прогнозы наиболее авторитетных специализированных международных организаций, а именно МЭС, ОПЕК и МЭА.

При разработке обзоров каждая из вышеуказанных организаций применяет различные методики и, что немаловажно, фокусируется на приоритетном для себя направлении развития энергетики. Исходя из этого, для обеспечения единства и сопоставимости данных авторами отобраны 98 показателей, совпадающих в обзорах и имеющих количественную оценку. Эти показатели разделены на 10 тематических групп, а именно:

1. Глобальный контекст.
2. Первичные энергоресурсы.
3. Конечные энергоресурсы (всего, по секторам, по источникам.)
4. Производство электроэнергии (по источникам).
5. Установленная мощность электrogенерации (по источникам).
6. Окружающая среда.
7. Энергетическая безопасность.
8. Социальная справедливость и доступ к современным источникам энергии.

Таблица 1.

## Наиболее совершенные современные модели прогнозирования развития энергетики

	MARKAL	WEM	PRIMES	SCANER	POLES	NEMS
Подход	Восходящий	у	Нисходящий	у	у	у
Используется в прогнозах	МЭС 2013 (World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050)	ОПЕК 2014 (World Oil Outlook); УЭИ 2014 (World Energy Outlook)	ЕС 2013 (EU Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050)	ИИЭИ РАН 2013 (Global and Russian Energy Outlook up to 2040)	ЕС 2003 (World energy, technology and climate policy outlook)	УЭИ 2014 (Annual Energy Outlook 2014 with Projections to 2040)
Горизонт	Более 80 лет	25 лет	35 лет	Более 15 лет	Более 25 лет	Более 25 лет
Шаг	10 лет	5 лет	5 лет	5 лет	10 лет	10 лет
Региональный охват	Мир, 8 регионов	Мир, 17 регионов, 3 региональных группировки, 12 стран	Мир, 9 регионов, 7 субрегиональных группировок, 2 страны, 5 особых группировок стран	Мир, 62 крупные страны, 83 субъекта Российской Федерации	Мир, 7 регионов, 3 субрегиональных группировки	Национальный уровень (США)
Производственная цепь	Производство (добыча), транспортировка, сбыт, потребление, выбросы CO2	Производство (добыча), сбыт, потребление выбросы загрязняющих веществ	Инвестиции, производство (добыча), транспортировка, сбыт, потребление, выбросы загрязняющих веществ	Инвестиции, производство (добыча), транспортировка, сбыт, потребление, выбросы CO2	Производство (добыча), сбыт, потребление, выбросы CO2	Производство (добыча), транспортировка, сбыт, потребление, выбросы загрязняющих веществ
Количество рассматриваемых первичных источников энергии	15, с последующей агрегацией на 7 групп в соответствии с методологией	7	11	Обеспечивает возможность включения в модель более 20 источников	12	7 групп (нет достоверных данных о структуре)

у – Обеспечивает тот или иной подход в зависимости от поставленных задач

Источник: [22].

9. Технологии.

10. Энергоэффективность.

Анализ полученных данных позволяет показать широту охвата групп индикаторов в прогнозах упомянутых организаций (рис. 1). Совпадения по шкалам на рисунке отложены по принципу учёта прогнозами МЭС, ОПЕК и МЭА показателей, входящих в указанные выше группы<sup>1</sup>.

Наибольшее число совпадающих показателей встречается в группе «Глобальный контекст». В данной группе рассматриваются показатели роста глобальной экономики, увеличения численности населения, снижения уровня бедности. Ожидается сохранение роли ископаемых источников энергии в качестве основы энергобаланса большинства стран мира. Констатируется продолжение тенденции к смещению центра глобального энергетического рынка в азиатский регион, уже в настоящее время предъявляющий высокий спрос на энергоресурсы ввиду динамичного развития национальных экономик и роста численности населения стран.

Эксперты отмечают нехватку технологий трансформации ресурсов в энергию, экономически доступных конечным потребителям [6; 18]. Обзоры включают детальное описание технологий по всей производственной цепочке от производства (добычи) до конечного потребления, однако, ввиду непредсказуемости технологического развития [11], прогнозы динамики развития технологий слабо представлены в рассматриваемых обзорах.

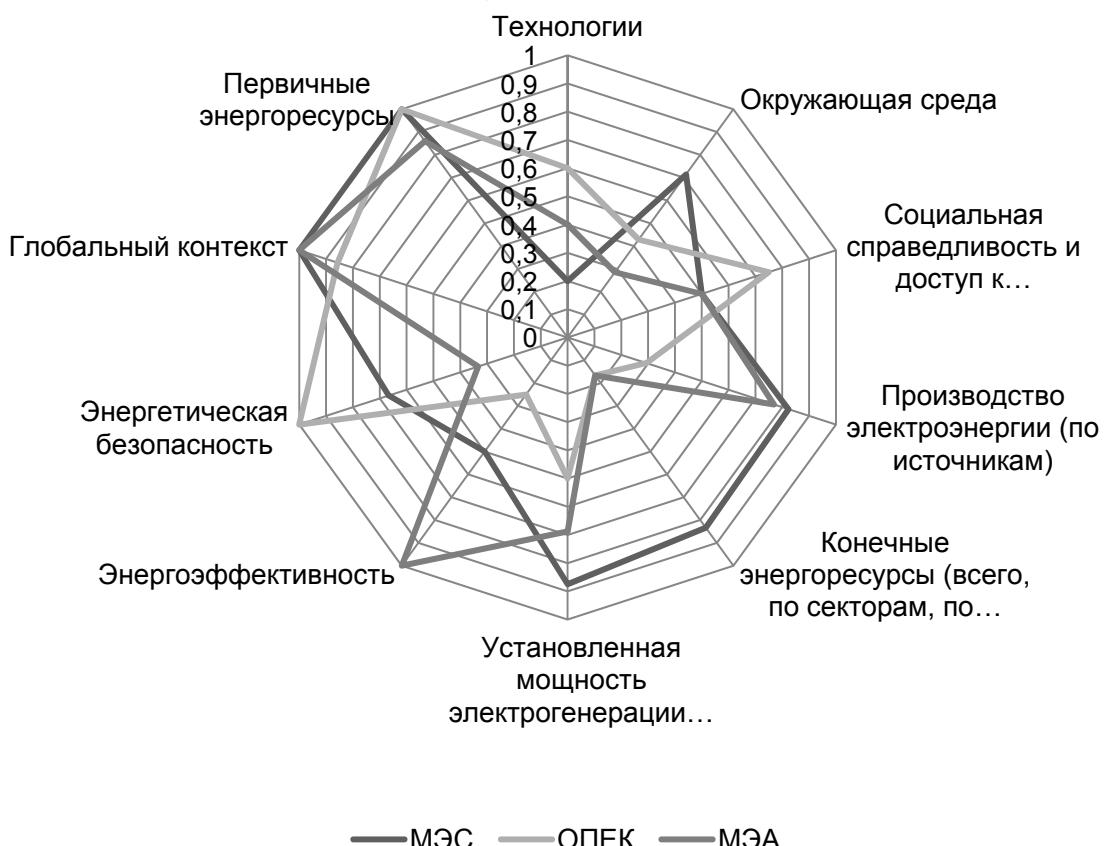
Авторы рассматриваемых (и иных) прогнозов придерживаются консенсуса по поводу того, что энергетических ресурсов достаточно для удовлетворения энергетических потребностей будущих поколений, что представляет собой основополагающий элемент концепции устойчивого развития [1]. Сокращение запасов ископаемого энергетического сырья не выступает предметом исследований, однако эксперты подчёркивают реальность угрозы снижения резервов традиционных видов топлива в будущем.

В остальном оценки существенно расходятся. Вследствие различного видения текущих тен-

<sup>1</sup> Так, к примеру, группа «Технологии» включает в себя показатели развития технологий производства и использования топлив с биологическим компонентом; показатели качества нефти; развитие энергетической инфраструктуры; повышение эффективности двигателей внутреннего сгорания; развитие нефтеперерабатывающей промышленности. Исходя из проведённого анализа, можно заключить, что прогноз МЭС уделяет внимание вопросам развития инфраструктуры, прогноз ОПЕК учитывает факторы развития биотоплив, качества нефти и развития нефтепереработки, тогда как МЭА в рамках данной тематической группы выделяет среди ключевых факторов инфраструктурные вопросы и эффективность двигателей. Результаты позволяют утверждать, что широта охвата прогнозами распределяется между прогнозами МЭС, ОПЕК и МЭА как отношение количества учтённых показателей к их общему количеству в рамках группы. Так, прогнозам МЭС, ОПЕК и МЭА в отношении технологического аспекта развития энергетики могут быть присвоены оценки 1/5 (0,2), 3/5 (0,6) и 2/5 (0,4) соответственно.

Рисунок 1.

Широта охвата тематических групп показателей в прогнозах МЭС, ОПЕК и МЭА



Источник: составлено авторами на основании [27; 28; 32]

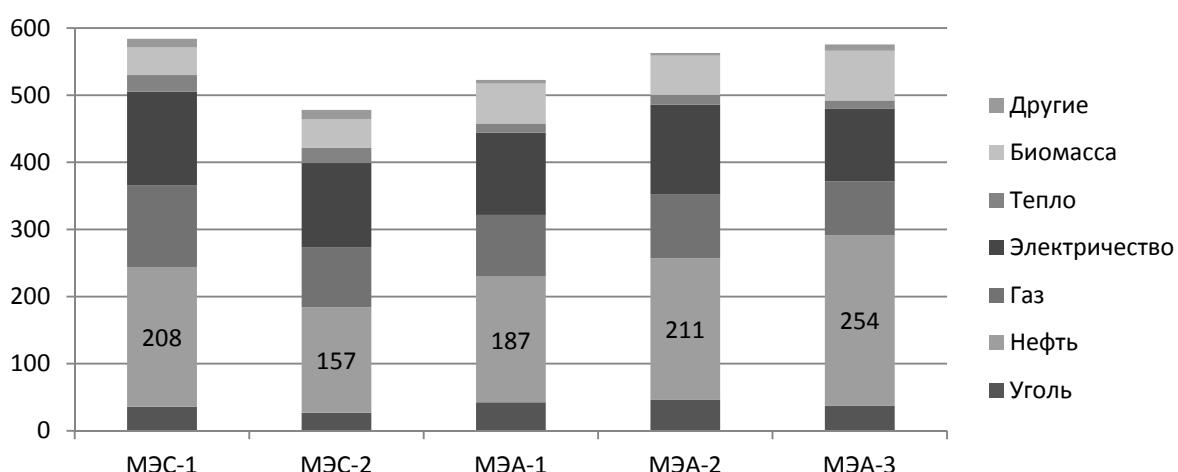
денций развития прогнозы рисуют совершенно различные картины энергетики мира будущего. В соответствии с прогнозами МЭС (2 сценария) и МЭА (3 сценария), энергетический баланс мира в 2040 г., будет выглядеть следующим образом (см. рис. 2). Ниже (см. табл. 2 и рис. 3) детально представлены значения показателя конечной

электрической и тепловой энергии, производимой из нефти (ЭДж).

Представленные энергетические балансы различны и по объему общего конечного потребления, и по структуре потребления энергоносителей.

Рисунок 2.

Энергетический баланс мира в 2040 г. по прогнозам МЭС и МЭА, по источникам энергии, ЭДж



Источник: составлено авторами на основании [27; 28; 32]

Таблица 2.

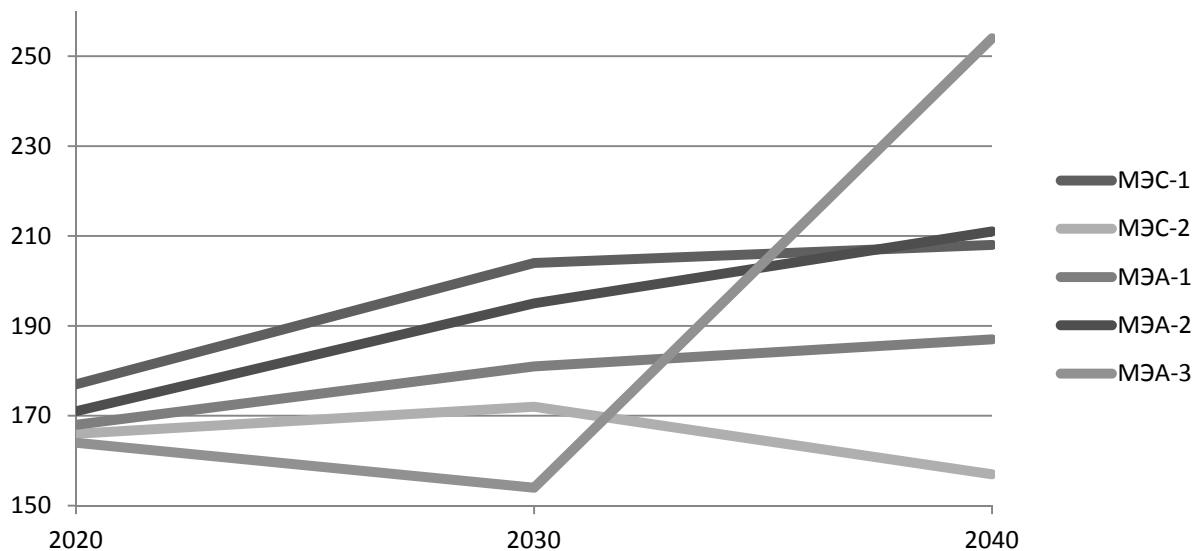
## Конечная электрическая и тепловая энергии, производимая из нефти, по прогнозам МЭС и МЭА, ЭДж

Прогноз	Значения показателя, по годам			Тенденция изменения за период 2020–2040 гг.
	2020	2030	2040	
МЭС-1 <sup>2</sup>	177	204	208	18%
МЭС-2 <sup>3</sup>	166	172	157	-5%
МЭА-1 <sup>4</sup>	168	181	187	12%
МЭА-2 <sup>5</sup>	171	195	211	23%
МЭА-3 <sup>6</sup>	164	154	254	55%

Источник: составлено авторами на основании [27; 28]

Рисунок 3.

## Конечные электрическая и тепловая энергии, производимые из нефти, по прогнозам МЭС и МЭА, ЭДж (по данным табл. 2)



Источник: составлено авторами на основании [27; 28]

Из этого следует, что при проведении исследований ссылки на тот или иной сценарий не вполне обоснованы; использование в оценке реальной ситуации на глобальных энергетических рынках расчётов показателей требует проведения дополнительных расчётов и учёта фактически реализуемых сценариев.

Модели развития энергетики в масштабе отдельных регионов помимо рассмотренных выше показателей включают в себя большое количество эндогенных (вызываемых внутренними факторами) переменных. Как указано ранее, наборы этих переменных зачастую радикально различаются по своей структуре, поэтому возникает логичный вопрос о целесообразности разработки новых моделей, которые потенциально могли бы включать более обширный перечень параметров, обеспечивая при этом высокую степень их репрезентативности и взаимосвязи.

К примеру, могут ли модели, ориентированные на прогнозирование добычи, транспортировки, переработки и потребления жидкого углеводородного сырья, адекватно спрогнозировать долю населения мира, не имеющего доступа к современным энергетическим услугам?

Современная модель развития энергетики должна учесть не только спрос и предложение на энергетических рынках, но также и внедрение современных технологий по всей цепочке создания стоимости, действие государственной энергетической политики и других нерыночных показателей, обеспечивающих рыночное равновесие посредством регулирования цен на энергоресурсы.

Как следствие, ключевой предпосылкой достижения целей устойчивого развития в энергетике становится преодоление традиционных рамок, в которых проводится исследование энер-

<sup>2</sup> World Energy Council, World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050, «Jazz Scenario».

<sup>3</sup> Там же, «Symphony Scenario».

<sup>4</sup> International Energy Agency, World Energy Outlook 2014, «New Policies Scenario».

<sup>5</sup> Там же, «Current Policies Scenario».

<sup>6</sup> Там же, World Energy Outlook 2014, «450 Scenario».

## ■ Мировая экономика

гетической системы. Назрела необходимость в переходе от прогнозирования развития энергетики к построению сценариев, удовлетворяющих целям устойчивого развития, с последующей разработкой путей их достижения и адекватных систем управления. Учитывая недостаточную прозрачность применяемых при моделировании методологий, критически важным представляется взаимодействие между специализированными международными организациями, правительствами стран, исследовательскими центрами и энергетическими компаниями в целях согласования подходов к моделированию энергетической системы и разработки инструментов, позволяющих балансировать интересы сторон в таких сферах, как энергетика, экономика, социальная защита, geopolитика, окружающая среда и развитие технологий.

Предсказать будущее невозможно, однако предвидеть развитие ситуации в энергетическом секторе представляется задачей вполне выполнимой. Достижимы ли цели устойчивого развития? В какой мере важны мировому сообществу вопросы изменения климата? Каким будет развитие энергетических технологий, будет ли

их применение экономически целесообразным в разных странах мира? Каким будет мировой и региональный энергетический баланс будущего? Способна ли возобновляемая энергетика обеспечить доступ к энергетическим услугам любых регионов мира? Как будет выстраиваться государственная политика в сфере энергетических субсидий и установления тарифов на энергоресурсы? Ответы на эти и связанные вопросы требуют глубокого изучения, которое включало бы в себя выявление межфакторных связей параметров, учёт влияния на региональное и общемировое развитие национальных энергетических политик, а также оценку изменения рыночного поведения конечных потребителей.

Подобной работой занимается Центр стратегических исследований и геополитики в области энергетики Международного института энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России, который проводит теоретические исследования по энергетическим аспектам повестки дня Целей устойчивого развития, а также исследования и разработки, имеющие практическое применение [2; 3].

### Список литературы

1. Литвинюк И.И., Красногорский В.М. Проблемы энергетической безопасности и рационального использования энергии в Северной и Центральной Азии: возможности регионального сотрудничества // ЭСКАТО ООН. 2013. 45 с.
2. Международный институт энергетической политики и дипломатии // МГИМО-Университет: Традиции и современность. 1944–2014. / Под общ. ред. академика РАН Торкунова А.В. М.: МГИМО-Университет, 2014. С. 175–184.
3. Салыгин В.И. Школа энергетических исследований // Вестник МГИМО-Университета. 2014. № 5. С. 186–191.
4. Annual Energy Outlook 2014 with projections to 2040 [Электронный ресурс]. // US Energy Information Administration Режим доступа: [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2015\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2015).pdf) (дата обращения 31.03.2016).
5. BP Energy Outlook 2035 [Электронный ресурс]. // BP. Режим доступа: <http://www.bp.com/content/bp-responsiven/global/corporate/energy-economics/energy-outlook-2035> (дата обращения 31.03.2016).
6. Constantini V., Martini C. The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data/ V. Constantini, C. Martini. // Energy Economics. Vol. 32. Iss. 3. May 2010. Pp. 591–603.
7. Culka M. Applying Bayesian model averaging for uncertainty estimation of input data in energy modelling // Energy, Sustainability and Society 2014, Vol. 1, p.1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.energsustainsoc.com/content/4/1/21> (дата обращения 31.03.2016).
8. David L. Greene. Long-term Energy Scenario Models: A Review of the Literature and Recommendations [Электронный ресурс]. // Oak Ridge National Laboratory. Режим доступа: <http://www1.eere.energy.gov/ba/pba/pdfs/models2050.pdf> (дата обращения 27.04.2015).
9. Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies / IAEA, UNDESA, IEA, EUROSTAT и European Environmental Agency [Электронный ресурс]. // IAEA. Режим доступа: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222_web.pdf) (дата обращения 27.04.2015).
10. Energy Perspectives. Long-term macro and market outlook [Электронный ресурс]. // Statoil. Режим доступа: <http://www.statoil.com/en/NewsAndMedia/News/2015/Downloads/Energy%20Perspectives%202015.pdf> (дата обращения 31.03.2016).
11. Energy Scenario Development Analysis: WEC Policy to 2050 [Электронный ресурс]. // World Energy Council. Режим доступа: <http://www.enerdata.net/docsales/press-office-20th-world-energy-congress.pdf> (дата обращения 27.04.2015).

12. EU energy, transport and GHG emissions. Trends to 2050. Reference scenario 2013 [Электронный ресурс]. // Европейская Комиссия. Режим доступа: <http://ec.europa.eu/transport/media/publications/doc/trends-to-2050-update-2013.pdf> (дата обращения 31.03.2016)
13. ExxonMobil's Outlook for Energy Sees Global Increase in Future Demand [Электронный ресурс]. // ExxonMobil Corporation. Режим доступа: [http://www.exxonmobil.com.sg/AP-English/Files/2015\\_Outlook\\_for\\_Energy\\_HIGHLIGHTS.pdf](http://www.exxonmobil.com.sg/AP-English/Files/2015_Outlook_for_Energy_HIGHLIGHTS.pdf) (дата обращения 31.03.2016).
14. Factors affecting future results [Электронный ресурс]. // ExxonMobil. Режим доступа: <http://ir.exxonmobil.com/phoenix.zhtml?c=115024&p=irol-usefullinks> (дата обращения 31.03.2016)
15. Fourth IEA-IEF-OPEC Symposium on energy outlooks. [Электронный ресурс]. // IEF и Duke University. Режим доступа: [https://www.iea.org/media/g8/4th\\_joint\\_iea\\_ief\\_opec\\_symposium\\_on\\_energy\\_outlooks\\_report.pdf](https://www.iea.org/media/g8/4th_joint_iea_ief_opec_symposium_on_energy_outlooks_report.pdf) (дата обращения 27.04.2015).
16. Global and Russian Energy Outlook up to 2040 [Электронный ресурс]. // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, ИНЭИ РАН. Режим доступа: [http://www.eriras.ru/files/2014/forecast\\_2040\\_en.pdf](http://www.eriras.ru/files/2014/forecast_2040_en.pdf) (дата обращения 31.03.2016).
17. Litvinyuk I., Elzinga D. Setting the stage for future sustainable energy systems // Geneva: UN Special. 2015. № 751. P. 28.
18. Densing M., Turton H., Panos E., Volkart K. Global Energy Scenarios 2050 of the World Energy Council [Электронный ресурс]. // Paul Scherrer Institute. Режим доступа: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/09/wec\\_transport\\_scenarios\\_2050.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/09/wec_transport_scenarios_2050.pdf) (дата обращения 27.04.2015).
19. New Lens Scenarios. A shift in perspective for a World in transition / Shell Scenarios [Электронный ресурс]. // Shell International BV. Режим доступа: <http://www.shell.com.br/content/dam/royaldutchshell/documents/corporate/scenarios-newdoc.pdf> (дата обращения 31.03.2016).
20. Shell energy scenarios to 2050 [Электронный ресурс]. // Shell International BV. Режим доступа: <https://s00.static-shell.com/content/dam/static/future-energy/downloads/shell-scenarios/shell-energy-scenarios2050.pdf> (дата обращения 31.03.2016).
21. Standardized Ranking Methodology / Climate Think Tank [Электронный ресурс]. // International Center for Climate Governance. Режим доступа: [http://www.thinktankmap.org/FilePagineStatiche/Documents/ICCG\\_2013\\_Think\\_Tank\\_Award\\_Final.pdf](http://www.thinktankmap.org/FilePagineStatiche/Documents/ICCG_2013_Think_Tank_Award_Final.pdf) (дата обращения 27.04.2015).
22. Subhes C. Bhattacharyya, Govinda R. Timilsina. Energy Demand Models for Policy Formulation [Электронный ресурс]. // The World Bank Development Research Group, Environment and Energy Team. Режим доступа: <http://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-4866> (дата обращения 27.04.2015.).
23. Sustainability Scenarios for a Resource Efficient Europe [Электронный ресурс]. // Cambridge Econometrics. Режим доступа: [http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies\\_modelling/pdf/SustScen\\_Report\\_Final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies_modelling/pdf/SustScen_Report_Final.pdf) (дата обращения 31.03.2016)
24. The Outlook for Energy: A View to 2040 [Электронный ресурс]. // ExxonMobil. Режим доступа: [http://cdn.exxonmobil.com/~/media/global/files/outlook-for-energy/2015-outlook-for-energy\\_print-resolution.pdf](http://cdn.exxonmobil.com/~/media/global/files/outlook-for-energy/2015-outlook-for-energy_print-resolution.pdf) (дата обращения 31.03.2016).
25. Wei Y., Wang Y., Huang D. Forecasting crude oil market volatility: Further evidence using GARCH-class models [Электронный ресурс]. // Energy Economics. Vol. 32. Iss. 6. November 2010. Pp. 1477–1484. Режим доступа: <http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-78149408232&origin=inward&txGid=0> (дата обращения 31.03.2016).
26. World energy model. Methodology and assumptions [Электронный ресурс]. // OECD/IEA. Режим доступа: [https://www.iea.org/media/weowebsite/energymodel/WEM\\_Methodology\\_WEO2011-1.pdf](https://www.iea.org/media/weowebsite/energymodel/WEM_Methodology_WEO2011-1.pdf) (дата обращения 27.04.2015).
27. World Energy Outlook 2014 [Электронный ресурс]. // OECD/IEA. Режим доступа: <http://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2014SUM.pdf> (дата обращения 31.03.2016).
28. World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050 / Paul Scherrer Institute [Электронный ресурс]. // World Energy Council. Режим доступа: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/World-Energy-Scenarios\\_Composing-energy-futures-to-2050\\_Full-report.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/World-Energy-Scenarios_Composing-energy-futures-to-2050_Full-report.pdf) (дата обращения 31.03.2016).
29. World Energy Technology Outlook – 2050 [Электронный ресурс]. // Европейская Комиссия. Режим доступа: [https://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2_en.pdf) (дата обращения 31.03.2016).
30. World energy, technology and climate policy outlook – 2030 [Электронный ресурс]. // Европейская Комиссия. Режим доступа: [http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto\\_final\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto_final_report.pdf) (дата обращения 31.03.2016).
31. World Oil and Gas Review 2014 [Электронный ресурс]. // Eni. Режим доступа: <https://www.eni.com/world-oil-gas-review-2014/sfogliabile/O-G-2014.pdf> (дата обращения 31.03.2016).
32. World Oil Outlook 2014 [Электронный ресурс]. // OPEC Secretariat. Режим доступа: [https://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/WOO\\_2014.pdf](https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO_2014.pdf) (дата обращения 31.03.2016).

**Об авторах**

**Салыгин Валерий Иванович** – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Международного института энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России. E-mail: miep@mgimo.ru.

**Литвинюк Игорь Игоревич** – аспирант кафедры международных проблем ТЭК, ведущий аналитик Центра стратегических исследований и геополитики в области энергетики Международного института энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России. E-mail: litvinyuk@miep-mgimo.ru.

## EVALUATION OF WORLD ENERGY SCENARIOS

**V.I. Salygin, I.I. Litvinyuk**

Moscow State Institute of International Relations (University), 76 Prospect Vernadskogo, Moscow, 119454, Russia.

**Abstract:** *What are the future global systems developments? It remains one the biggest unknown, especially in terms of energy, as it is globally considered as both cause and solution for multiple problems of the humanity. Therefore, nowadays a number of experts are exploring driving forces, critical uncertainties and unknowns that have an influence on future energy systems development.*

*This article aims at providing a brief investigation of existing world energy scenarios that cover the range of plausible outcomes of future global energy system development. Those are represented by International Energy Agency, World Energy Council, Organization of the Petroleum Exporting Countries, and others. The analysis covers both qualitative and quantitative indicators of the world energy system development that provide for future worldview formation.*

*The article looks into various approaches to energy system development forecasting and scenario building employed by the abovementioned organisations, and discovers the motives for making assumptions as the means of attaining internal targets and the consequences of the distinction of individual attitude to the development trends within the expert community. The current assessment implies grouping of the most advanced of the existing energy system development models, identification their advantages and disadvantages, and shows differences in modeling approaches used in a number of specialized international organisations.*

**Key words:** modelling, forecasting, energy consumption, scenarios, fuel and energy complex, sustainable development, energy, energy security, energy mix, energy resources.

### References

1. Litvinyuk I.I., Krasnogorskiy V.M. Energy security and rational use of energy in the North and Central Asia region: scope for regional cooperation. UN ESCAP, 2013. 45 p. (In Russian)
2. Mezhdunarodnyi institut energeticheskoi politiki i diplomati [The International Institute of Energy Policy and Diplomacy]. MGIMO-Universitet: Traditsii i sovremennoe. 1944–2014. Ed. by Torkunov A.V. Moscow, MGIMO-University, 2014. Pp. 175–184. (In Russian)
3. Salygin V.I. Shkola jenergeticheskikh issledovanij [The school of energy researches]. Vestnik MGIMO- Universiteta, 2014, no 5, pp. 186–191. (In Russian)
4. Annual Energy Outlook 2014 with projections to 2040. US Energy Information Administration. Available at: [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2015\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2015).pdf) (Accessed 31.03.2016).
5. BP Energy Outlook 2035. BP. Available at: <http://www.bp.com/content/bp-responsive/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook-2035> (Accessed 31.03.2016).
6. Constantini V., Martini C. The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data. Energy Economics, vol. 32, iss. 3, May 2010, pp. 591–603. Available at: <http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77950519566&origin=inward&txGid=0#> (Accessed 31.03.2016).
7. Culka M. Applying Bayesian model averaging for uncertainty estimation of input data in energy modeling. Energy, Sustainability and Society, 2014, vol. 1, p.1. Available at: <http://www.energsustainsoc.com/content/4/1/21> (Accessed 31.03.2016).
8. David L. Greene. Long-term Energy Scenario Models: A Review of the Literature and Recommendations. Oak Ridge National Laboratory. Available at: <http://www1.eere.energy.gov/ba/pba/pdfs/models2050.pdf> (Accessed 31.03.2016).

9. Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. IAEA, UNDESA, IEA, EUROSTAT и European Environmental Agency. Available at: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1222_web.pdf) (Accessed 31.03.2016).
10. Energy Perspectives. Long-term macro and market outlook. Statoil. Available at: <http://www.statoil.com/en/NewsAndMedia/News/2015/Downloads/Energy%20Perspectives%202015.pdf> (Accessed 31.03.2016).
11. Energy Scenario Development Analysis: WEC Policy to 2050. World Energy Council. Available at: <http://www.enerdata.net/docssales/press-office-20th-world-energy-congress.pdf> (Accessed 31.03.2016).
12. EU energy, transport and GHG emissions. Trends to 2050. Reference scenario 2013. European Commission. Available at: <http://ec.europa.eu/transport/media/publications/doc/trends-to-2050-update-2013.pdf> (Accessed 31.03.2016).
13. ExxonMobil's Outlook for Energy Sees Global Increase in Future Demand. ExxonMobil Corporation. Available at: [http://www.exxonmobil.com.sg/AP-English/Files/2015\\_Outlook\\_for\\_Energy\\_Highlights.pdf](http://www.exxonmobil.com.sg/AP-English/Files/2015_Outlook_for_Energy_Highlights.pdf) (Accessed 31.03.2016).
14. Factors affecting future results. ExxonMobil. Available at: <http://ir.exxonmobil.com/phoenix.zhtml?c=115024&p=irol-usefullinks> (Accessed 31.03.2016).
15. Fourth IEA-IEF-OPEC Symposium on energy outlooks, 2014. IEF and Duke University. Available at: [https://www.iea.org/media/g8/4th\\_joint\\_iea\\_ief\\_opec\\_symposium\\_on\\_energy\\_outlooks\\_report.pdf](https://www.iea.org/media/g8/4th_joint_iea_ief_opec_symposium_on_energy_outlooks_report.pdf) (Accessed 27.04.2015).
16. Global and Russian Energy Outlook up to 2040. ERI RAS. Available at: [http://www.eriras.ru/files/2014/forecast\\_2040\\_en.pdf](http://www.eriras.ru/files/2014/forecast_2040_en.pdf) (Accessed 31.03.2016).
17. Litvinyuk I., Elzinga D. Setting the stage for future sustainable energy systems. Geneva: UN Special, 2015, no. 751, p. 28.
18. Densing M., Turton H., Panos E., Volkart K. Global Energy Scenarios 2050 of the World Energy Council. Paul Scherrer Institute. Available at: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/09/wec\\_transport\\_scenarios\\_2050.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/09/wec_transport_scenarios_2050.pdf) (Accessed 31.03.2016).
19. New Lens Scenarios. A shift in perspective for a World in transition / Shell Scenarios. Shell International BV. Available at: <http://www.shell.com.br/content/dam/royaldutchshell/documents/corporate/scenarios-newdoc.pdf> (Accessed 31.03.2016).
20. Shell energy scenarios to 2050. Shell International BV. Available at: <https://s00.static-shell.com/content/dam/shell/static/future-energy/downloads/shell-scenarios/shell-energy-scenarios2050.pdf> (Accessed 31.03.2016).
21. Standardized Ranking Methodology / Climate Think Tank. International Center for Climate Governance. Available at: [http://www.thinktankmap.org/FilePagineStatiche/Documents/ICCG\\_2013\\_Think\\_Tank\\_Award\\_Final.pdf](http://www.thinktankmap.org/FilePagineStatiche/Documents/ICCG_2013_Think_Tank_Award_Final.pdf) (Accessed 31.03.2016).
22. Subhes C. Bhattacharyya, Govinda R. Timilsina. Energy Demand Models for Policy Formulation. The World Bank Development Research Group, Environment and Energy Team. Available at: <http://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-4866> (Accessed 31.03.2016).
23. Sustainability Scenarios for a Resource Efficient Europe. Cambridge Econometrics. Available at: [http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies\\_modelling/pdf/SustScen\\_Report\\_Final.pdf](http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies_modelling/pdf/SustScen_Report_Final.pdf) (Accessed 31.03.2016).
24. The Outlook for Energy: A View to 2040. ExxonMobil. Available at: [http://cdn.exxonmobil.com/~/media/global/files/outlook-for-energy/2015-outlook-for-energy\\_print-resolution.pdf](http://cdn.exxonmobil.com/~/media/global/files/outlook-for-energy/2015-outlook-for-energy_print-resolution.pdf) (Accessed 31.03.2016).
25. Wei Y., Wang Y., Huang D. Forecasting crude oil market volatility: Further evidence using GARCH-class models. Energy Economics, vol. 32, iss. 6, November 2010, pp. 1477 – 1484. Available at: <http://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-78149408232&origin=inward&txGid=0> (Accessed 31.03.2016).
26. World energy model. Methodology and assumptions. OECD/IEA. Available at: [https://www.iea.org/media/weowebsite/energymodel/WEM\\_Methodology\\_WEO2011-1.pdf](https://www.iea.org/media/weowebsite/energymodel/WEM_Methodology_WEO2011-1.pdf) (Accessed 31.03.2016).
27. World Energy Outlook 2014. OECD/IEA. Available at: <http://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2014SUM.pdf> (Accessed 31.03.2016).
28. World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050. Paul Scherrer Institute. World Energy Council. Available at: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/World-Energy-Scenarios\\_Composing-energy-futures-to-2050\\_Full-report.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/World-Energy-Scenarios_Composing-energy-futures-to-2050_Full-report.pdf) (Accessed 31.03.2016).
29. World Energy Technology Outlook – 2050. European Commission. Available at: [https://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2_en.pdf) (Accessed 31.03.2016).
30. World energy, technology and climate policy outlook – 2030. European Commission. Available at: [http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto\\_final\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto_final_report.pdf) (Accessed 31.03.2016).
31. World Oil and Gas Review 2014. Eni. Available at: <https://www.eni.com/world-oil-gas-review-2014/sfogliabile/O-G-2014.pdf> (Accessed 31.03.2016).
32. World Oil Outlook 2014. OPEC Secretariat. Available at: [https://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/WOO\\_2014.pdf](https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO_2014.pdf) (Accessed 31.03.2016).

**About the authors**

**Valery I. Salygin** – Dr., Professor, Director of the International Institute of Energy Policy and Diplomacy, MGIMO-University, Vice-President of the International Fuel and Energy Development Academy, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences. E-mail: miep@mgimo.ru.

**Igor I. Litvinyuk** – PhD student, Economics, Senior analyst at the Centre for Strategic Research and Geopolitics in Energy, International Institute of Energy Policy and Diplomacy, MGIMO-University. E-mail: litvinyuk@miep-mgimo.ru.Institute MGIMO-University, Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation. E-mail: an@inno.mgimo.ru.