

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ  
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

УДК 620.9 (100): 662.6

ДОЛГОСРОЧНЫЕ И СРЕДНЕСРОЧНЫЕ ФАКТОРЫ И СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ  
ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В XXI ВЕКЕ

А.Э. Конторович<sup>1,2</sup>, М.И. Эпов<sup>1,2</sup>, Л.В. Эдер<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия

Рассмотрены закономерности развития мировой энергетики и перспективы исчерпания глобальных ископаемых энергетических ресурсов в XXI в., описаны долго- и среднесрочные сценарии развития глобальной энергетической системы.

*Мировая энергетика, прогноз потребления энергии, первичная энергия, нефть, газ, уголь.*

LONG-TERM AND MEDIUM-TERM SCENARIOS AND FACTORS IN WORLD  
ENERGY PERSPECTIVES FOR THE 21st CENTURY

A.E. Kontorovich, M.I. Epov, and L.V. Eder

The study provides an overview of key trends underlying the long-term and medium-term scenarios in the world energy outlook and prospects of fossil fuel resource depletion in the 21st century.

*World energy, energy consumption forecast, primary energy sources, oil, gas, coal*

Мир переживает энергетическую революцию. Во второй половине XX и начале XXI в. темпы добычи всех горючих полезных ископаемых (каустобиолитов) возросли до катастрофических размеров. Вместе с тем сохраняется чудовищная несправедливость в распределении добываемых и потребляемых энергоресурсов между странами и народами, что порождает предельно низкий уровень жизни и болезни на большей части территории планеты Земля. Быстрый рост экономик развитых стран (Китай, Индия и др.), перспективы роста темпов экономического развития других развивающихся стран при прогнозируемом ограничении возможностей роста и даже удержания достигнутых уровней добычи каустобиолитов сильно осложняют ситуацию на мировом рынке. Ниже анализируется ситуация ближайших десятилетий.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

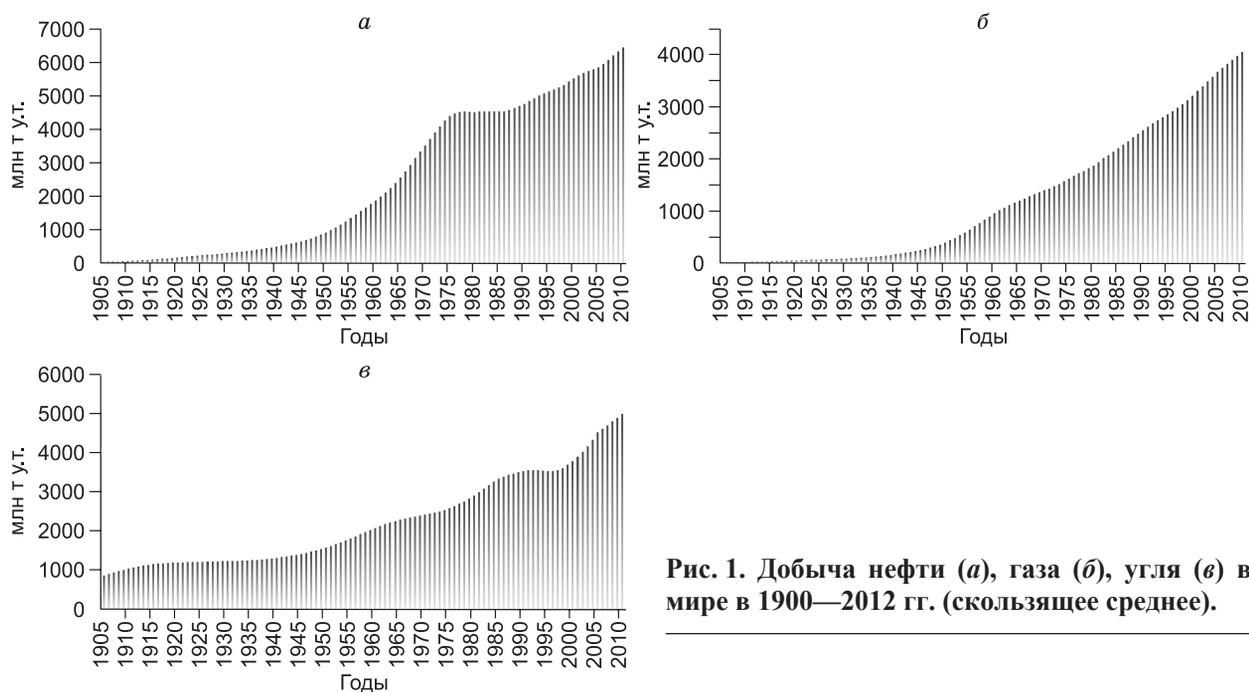
*Основной закономерностью развития глобальной энергетики в XX в. (закон развития глобальной экономики в XX в.), а точнее за всю историю человечества, включая первые 10 лет XXI в., является непрерывный рост производства и потребления энергии.*

В условиях наличия подъемов и спадов производства и потребления энергии в мире, политических и экономических кризисов, цикличности развития мировой экономики происходит перманентное увеличение объемов глобального энергообеспечения и энергопотребления.

Суммарное потребление энергетических ресурсов в мире за последние сорок лет в два раза превысило их использование за всю предыдущую историю развития человечества с палеолита. За этот период сформировались устойчивые закономерности энергообеспечения, в значительной мере определяющие современное экономическое и технологическое развитие.

*Вторая закономерность развития мировой экономики и энергетики — это рост потребления всех без исключения энергоносителей.*

Для иллюстрации этого тезиса проведен подсчет добычи нефти, газа и угля в мире в XX в. и в первое десятилетие XXI в. Были получены средние значения последовательно за каждые 5 лет со сдвигом на один год (метод скользящего среднего) (рис. 1).



**Рис. 1. Добыча нефти (а), газа (б), угля (в) в мире в 1900—2012 гг. (скользящее среднее).**

В XIX в. в условиях массового применения машинных технологий, быстрого развития отраслей тяжелой промышленности, морского и железнодорожного транспорта преобладающим источником энергии стал уголь — самый распространенный из ископаемых энергоносителей, доля которого в мировом топливно-энергетическом балансе (ТЭБ) к концу XIX в. превышала 76 %.

В XX в. произошло 20-кратное увеличение уровня потребления коммерческих энергетических ресурсов в мире. В мировом ТЭБ значительно возросла доля нефти, газа, атомной энергии. Произошли крупные сдвиги в технологиях добычи (производства), транспортировки и использования энергии и энергоносителей, произошла глобализация системы энергообеспечения. Численность населения Земли за столетие увеличилась более чем в 3.6 раза и превысила 6 млрд человек.

Несмотря на то, что за последние 100 лет в мировом энергетическом балансе произошли коренные структурные изменения и существенно изменилась роль различных источников первичной энергии, наблюдался непрерывный рост использования всех энергетических ресурсов.

В первой половине XX в. при быстром увеличении абсолютного потребления всех основных видов энергетических ресурсов (почти до 1.8 млрд т нефтяного эквивалента (н.э.) в 1950 г.) в структуре мирового топливно-энергетического баланса произошло значительное снижение доли твердого топлива (угля, древесины и торфа) за счет более быстрого роста добычи нефти.

Тенденция опережающего роста использования углеводородов продолжилась во второй половине XX в. Это было обусловлено широкомасштабным внедрением двигателей внутреннего сгорания на транспорте, ростом численности транспортных средств, увеличением использования нефтепродуктов в промышленности и в тепло- и электроэнергетике, развитием систем нефте- и газопроводов, совершенствованием технологий поиска, разведки и добычи углеводородов. При этом особенно быстро росла добыча газа.

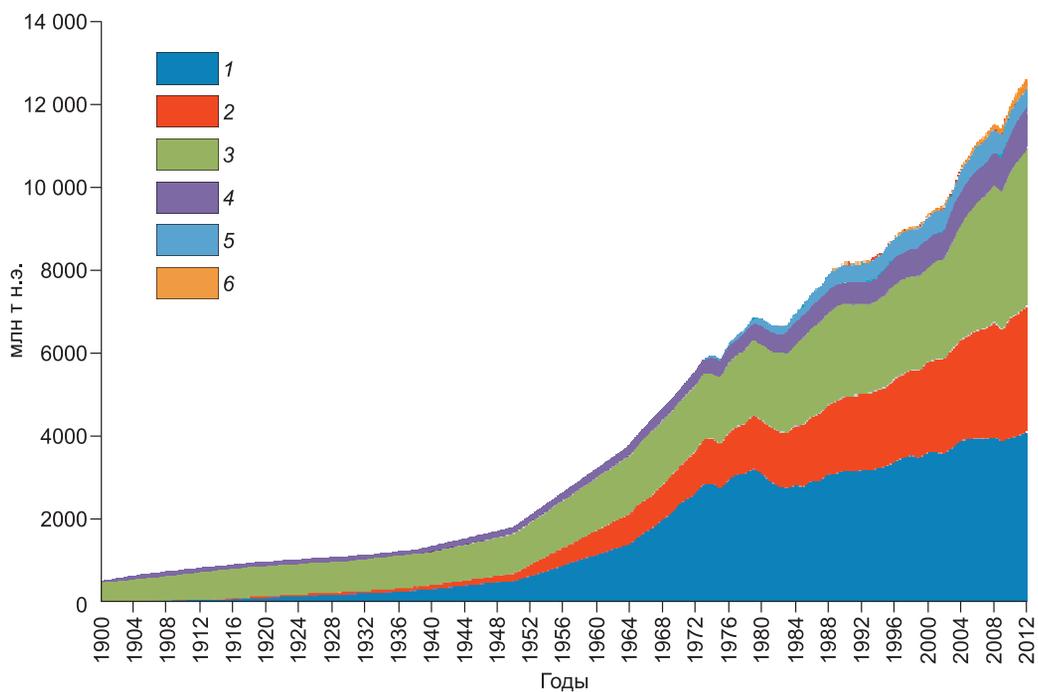
*Третья закономерность — значительная диверсификация и расширение спектра потребляемых энергоносителей.*

Для XX в., особенно второй его половины, были характерны не только взрывной рост энергопотребления, а и стремление человечества расширить спектр возможных источников энергии. Значительную роль в энергообеспечении человечества стала играть гидроэнергия, а во второй половине века и атомная энергия (рис. 2).

В последние десять лет XX в. очень быстро росло производство электроэнергии за счет альтернативных, возобновляемых источников (ветер, энергия Солнца, тепло земных недр, приливно-отливная энергия, биоресурсы и пр.) (рис. 3).

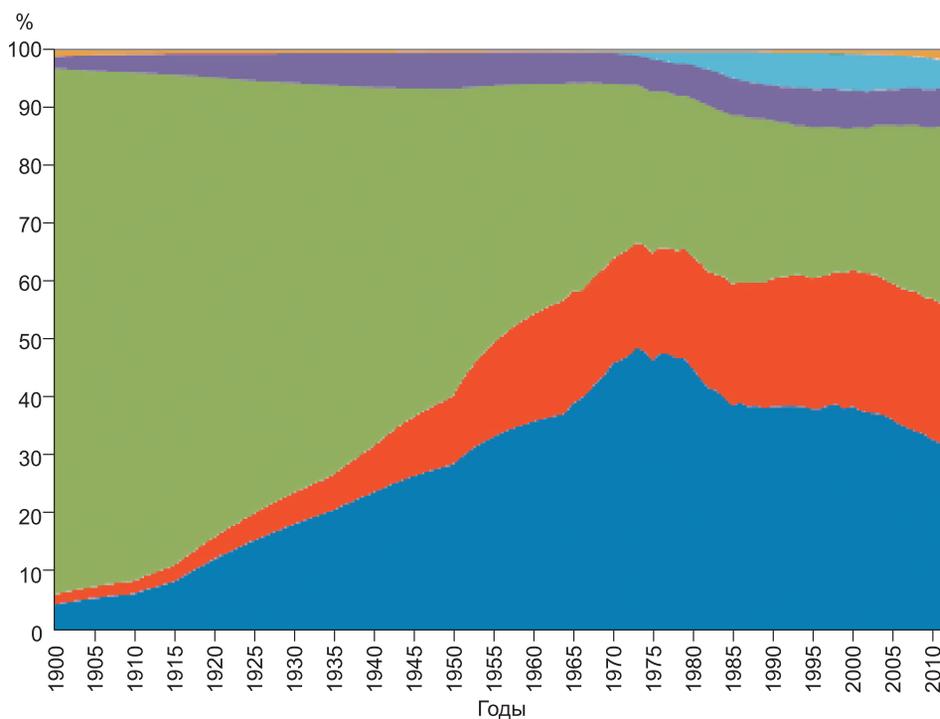
*Четвертой закономерностью современного мира является неравномерность энергопотребления на 1 человека в развитых и развивающихся странах (рис. 4).*

Так, в 2012 г. около 21 % населения Земли потребляло около 65 % всех энергоресурсов. Существует и обратная ситуация около 70 % населения Земли, включая такие экономики, как Индия и Китай, потребляли около 30 % всей производимой человечеством энергии! Значительный рост потребления



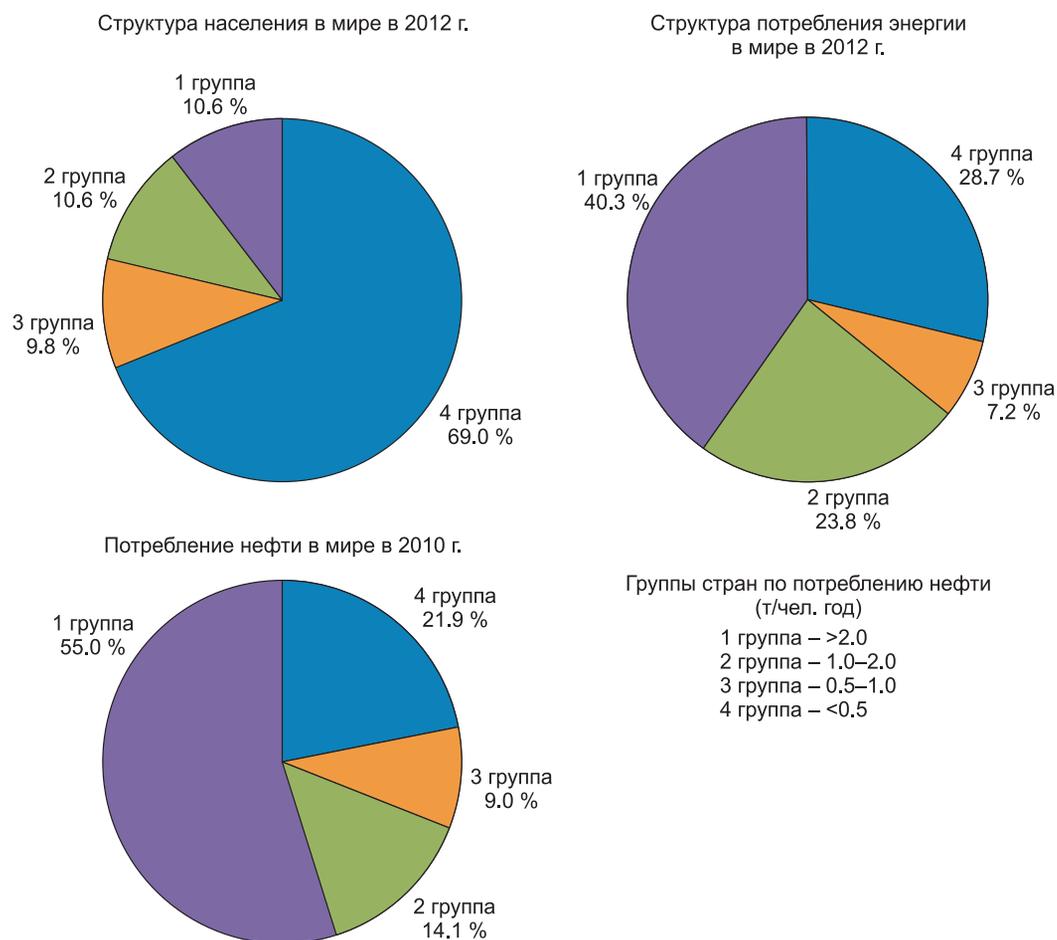
**Рис. 2. Производство энергоносителей в мире в 1900—2012 гг.**

1 — нефть, 2 — газ, 3 — уголь, 4 — гидроэнергия, 5 — атомная энергия, 6 — прочие.



**Рис. 3. Доля энергоносителей в мировой структуре ТЭБ в 1900—2012 гг.**

Усл. обозн. см. на рис. 2.



**Рис. 4. Распределения населения и потребления нефти и энергии в мире по группам стран.**

энергоресурсов этой группой стран в большей своей части был обусловлен удовлетворением потребностей в энергообеспечении быстро растущего населения.

Между тем в географии мировой экономики произошли существенные изменения. Страны, входящие в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), в условиях роста цен на энергоносители и неизбежных ограничений в возможном росте их потребления последовательно реализуют политику энергосбережения. За последние 30—35 лет США, Великобритания, Франция сократили потребление нефти на душу населения против максимума примерно на 40 %, Германия, Канада, Швейцария, Япония — на 20—30 %. В эти же годы в развивающихся странах имела место обратная тенденция.

Полюс развития мировой экономики и роста потребления энергоресурсов сместился в Азиатско-Тихоокеанский регион. Однако при этом различие в энергопотреблении, а значит в уровне и качестве жизни населения между развивающимися и развитыми странами, по-прежнему, остается катастрофическим. Вполне очевидно, что развивающиеся страны будут стремиться увеличить энергопотребление.

Пятой закономерностью мировой энергетики является *неравномерность размещения основных центров добычи и потребления энергетических ресурсов, что в условиях глобализации определяет международный характер их поставок*. Хотя рост использования нетрадиционных источников углеводородов и возобновляемой энергии, несомненно, имеет место и не учитывать его нельзя, в ближайшие десятилетия, он вряд ли изменит глобальную географию энергопотребления. Лидерами в области интенсификации добычи нетрадиционных источников углеводородов являются страны Северной Америки (США, Канада), Австралия, Венесуэла, возобновляемых источников энергии — Европа. В последние годы страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), прежде всего, Китай, отчасти Япония, Индия и другие предпринимают существенные усилия по развитию как добычи нетрадиционных источников энергии, так и возобновляемой энергетики.

## ДОЛГОСРОЧНЫЕ И СРЕДНЕСРОЧНЫЕ ФАКТОРЫ И СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В XXI ВЕКЕ

Учитывая сложившиеся закономерности в области производства и потребления энергетических ресурсов, при формировании сценариев развития глобальной энергетической системы в XXI в. необходимо учитывать следующие факторы:

— непрерывный, несмотря на циклические спады и подъемы, рост энергопотребления в мире, резко ускорившийся в XX в., особенно во второй его половине и в первые десятилетия XXI в.;

— быстрый рост населения Земли;

— сохраняющаяся огромная разница в энергопотреблении на душу населения в развитых и развивающихся странах;

— бурный рост экономики и энергопотребления в развивающихся странах;

— замедление роста, стабилизация и в перспективе незначительное снижение энергопотребления в развитых странах за счет повышения эффективности использования энергии;

— неравномерность распределения и ограниченность ресурсов традиционных ископаемых энергоносителей на Земле, в первую очередь нефти и угля, и неизбежность достижения пиков их добычи в XXI в.;

— принципиальные изменения на мировых газовых рынках — появление и быстрое развитие новых центров добычи традиционного газа. Отметим важнейшие из них: на Ближнем Востоке — Иран, Катар, месторождение Северное и Южный Парс и др.; Центральная Азия — Туркменистан, месторождение Южный Иолотань; Австралия — на западе от континента группа месторождений Большой Горгон, открытие гигантского месторождения к северу от Австралии в Папуа-Новой Гвинее и др., в России — Восточная Сибирь и Республика Саха (Якутия), шельф о. Сахалин, ресурсы и запасы газа на шельфах морей Северного Ледовитого океана;

— быстрое развитие технологий добычи нетрадиционных ресурсов углеводородов: газообразных — сланцевый газ, угольный метан, метан газогидратов Мирового океана и др.; жидких — битуминозные песчаники, сланцевая нефть и др. Среди этих прогнозов и открытий первое место по перспективам, несомненно, занимает баженовская свита в Западной Сибири;

— недостаточное внимание к геологии и нежелание вкладывать «длинные деньги» в поиски и разведку новых месторождений углеводородов и угля со стороны крупнейших нефтегазовых компаний;

— эмоциональная, без должного объективного анализа реакция населения и правительств многих стран на катастрофы на атомных электростанциях (Чернобыль, Фукусима и др.), что сдерживает развитие атомной энергетики;

— рост цен на энергоносители в мире;

— внимание общественности и рост использования альтернативных и возобновляемых источников энергии при ограниченности и высокой стоимости многих из них;

— возрастающие экологические требования к использованию энергоносителей.

При анализе всех этих факторов Правительство Российской Федерации и ведущие российские компании, в первую очередь ОАО «Роснефть» и ОАО «Газпром», должны учитывать фактор времени. В России проекты, решения по которым следует принимать быстро и безотлагательно, затягиваются на годы и медленно реализуются. В результате происходит потеря рынков.

Кризисные явления и стагнация, которую переживают экономики многих стран в настоящее время, волатильность политической ситуации в мире (Ближний Восток, Северная Африка, Латинская Америка и другие регионы), попытки силовыми методами осуществить передел мировых энергетических рынков резко осложняют глобальную ситуацию, но не могут изменить объективных законов развития цивилизации.

Важно понимать, что замедление роста ряда экономик и глубочайшие кризисы, как это уже не раз имело место в XXI в., не могут быть заложены в долгосрочные прогнозы, так как это неизбежно приведет к занижению оценок глобального энергопотребления на перспективу и будет неверно ориентировать правительства и мировую общественность. Об этом однозначно свидетельствует ретроспективный анализ. Сравните Великий кризис 1930-х годов XX в., Вторую мировую войну и приведенные выше графики роста потребления основных энергоресурсов. Не следует тешить себя иллюзиями, что в постиндустриальном обществе все будет иначе.

Вместе с тем учет циклического характера развития экономики крайне важен для среднесрочных прогнозов (3—5—7 лет), для формирования среднесрочной стратегии и тактики периодически сменяющихся демократическим (и недемократическим) путем правительств отдельных стран, для формирования стратегий и политики как крупных корпораций, так и среднего бизнеса.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗАМ РАЗВИТИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

С середины 1990-х годов XX в. в ИНГГ СО РАН (ранее ИГНГ ОИГГиМ СО РАН) проводятся крупномасштабные работы по изучению состояния ресурсов и запасов нефти, газа, угля в мире и по регионам, конъюнктурных и долгосрочных вопросов развития мировой энергетики. На базе этих исследований был создан модельный комплекс IPGG Energy Forecast, с помощью которого проводится прогнозирование энергообеспечения с дифференциацией по странам и регионам. Модельный комплекс включает следующие блоки.

1. Анализ состояния, изменения и прогноз исчерпаемости сырьевой базы отдельных энергоносителей в глобальном масштабе и по крупным регионам, учет неравномерности распределения ресурсов энергоносителей в мире. Важной особенностью XXI в., резко отличающих его от предшествующих эпох в истории человеческой цивилизации, является то обстоятельство, что впервые глобальное потребление традиционных энергоресурсов будет ограничивать их исчерпание на Земле. Учет этого факта становится важнейшим требованием к достоверности любого средне- и долгосрочного прогноза.

2. Прогноз появления и вероятной роли новых источников энергии.

3. Прогноз структуры ТЭБ.

4. Прогноз добычи/производства энергетических ресурсов.

5. Прогноз изменения душевого потребления энергоресурсов с дифференциацией по крупным регионам.

6. Прогноз потребления энергетических ресурсов, включая глубокую переработку, транспортный, коммунально-бытовой, промышленный, нефтегазохимический и другие секторы, с учетом демографических факторов, неравномерности развития регионов и энергосбережения.

7. Прогноз воспроизводства минерально-сырьевой базы и необходимых для этого инвестиций.

8. Прогноз поставок энергетических ресурсов с учетом быстроменяющейся волатильной политической ситуации в мире.

9. Прогноз выбросов CO<sub>2</sub> (экологический блок).

10. Блок прогнозирования экономических показателей, включая инвестиции.

## ПРОГНОЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ЭНЕРГИИ

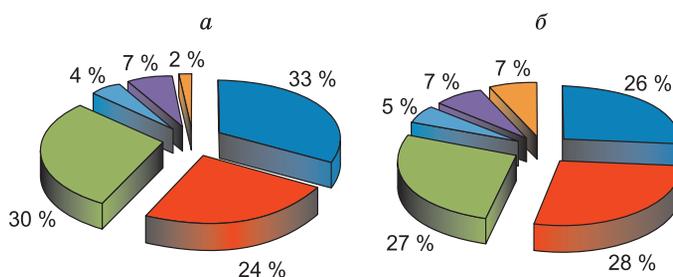
В настоящем исследовании при формировании энергетического прогноза основными ключевыми показателями, определяющими мировой спрос на энергию, приняты динамика и уровень энергоемкости ВВП, рост народонаселения, душевое энергопотребление и состояние ресурсной базы отдельных энергоносителей (см. рис. 3). Для определения прогнозных показателей развития энергообеспечения в работе проводится статический анализ по состоянию на текущий год и динамический анализ с учетом тенденций изменения рассматриваемого показателя в долгосрочной ретроспективе. Это позволяет, с одной стороны, определить вероятный уровень значений прогнозируемых показателей в рассматриваемой перспективе, а, с другой, — прогнозировать особенности динамики развития энергопроизводства и энергопотребления. При этом на временные тренды необходимо накладывать ограничения, определяемые состоянием разведанных запасов и прогнозных ресурсов отдельных энергоносителей в отдельных регионах и на планете Земля в целом и перспективы их исчерпания. Важную роль играют также стоимостные показатели отдельных энергоносителей и география размещения глобальных и региональных центров их локализации. Неравномерность размещения на планете и в пределах отдельных регионов планетного масштаба запасов и ресурсов отдельных энергоносителей делает необходимым также углубленный анализ транспортной логистики. Под логистикой мы понимаем стратегические управления и

Таблица 1. Прогноз потребления энергии в мире до 2040 г.

Источник энергии	Ед. изм.	Год						
		2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Нефть	млн т	4151	4248	4377	4531	4650	4738	4820
Природный газ	млн т н.э.	3001	3246	3650	4010	4360	4745	5050
	млрд м <sup>3</sup>	3314	3585	3966	4299	4633	4966	5285
Уголь	млн т н.э.	3749	4044	4317	4480	4648	4851	5027
	млн т	7864	8485	9056	9399	9752	10178	10546
Атомная энергия	млн т н.э.	563	604	680	752	840	901	940
Гидроэнергия	»	835	903	995	1087	1180	1256	1288
Возобновляемые источники энергии	»	239	370	507	685	871	1085	1310
Всего	»	12538	13415	14526	15545	16549	17576	18435

**Рис. 5. Прогноз изменения структуры потребления энергетических ресурсов в 2012 (а) и 2040 гг. (б).**

Усл. обозн. см. на рис. 2.



оптимизацию материальных потоков энерго-ресурсов и продуктов их переработки от центров производства к центрам потребления (приобретение, перевозка различными системами транспорта, продажи и хранения энергоресурсов и продуктов их переработки, оборудования, материалов и пр.).

На следующем этапе проводится анализ связи между рассматриваемыми факторами и уровнем энергопотребления, а также детальный анализ существующих и долгосрочных трендов, определяется возможность их аппроксимации выбранными функциональными зависимостями на долгосрочную перспективу и с учетом сырьевых и стоимостных ограничений.

Среди значительного количества рассматриваемых факторов, влияющих на прогнозные значения энергоемкости ВВП и душевого потребления энергии, был выделен ряд базовых, действие которых является определяющим. Среди них:

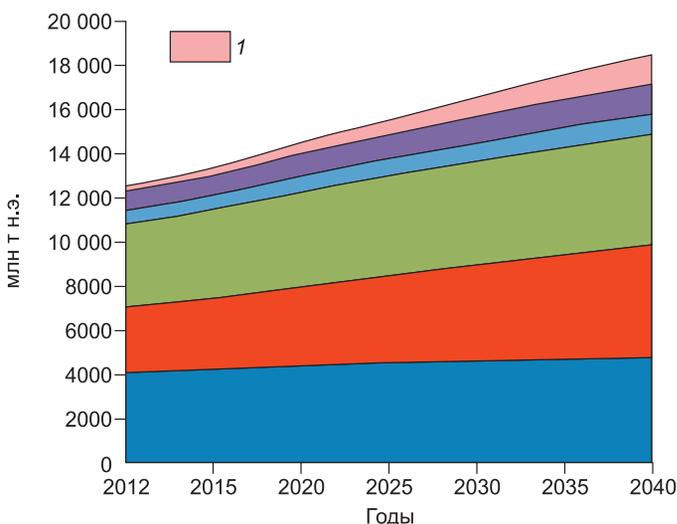
- экономические факторы — уровень и структура ВВП,
- демографические — уровень и структура населения,
- природно-климатические — температура,
- обеспеченность энергетическими ресурсами,
- уровень и состояние технологических систем,
- экологические — уровень выбросов CO<sub>2</sub>,
- стоимостные,
- институциональные — уровень коррупции.

Согласно выполненному прогнозу, в ближайшие десятилетия продолжится рост потребления энергии в мире. Ожидается, что за период 2012—2040 гг. потребление энергии возрастет чуть более чем на 40 %, с 12.5 до 18.4 млрд т н.э. (табл. 1).

Этот процесс будет осуществляться за счет увеличения использования основных видов первичных энергоресурсов. Основной рост энергопотребления будет происходить в развивающихся странах, прежде всего, в Азиатско-Тихоокеанском регионе. При этом ожидается стагнация, медленный рост или даже снижение энергопотребления в отдельных странах, входящих в ОЭСР.

В ближайшие годы будет продолжаться рост производства и потребления ископаемых энергоносителей. К 2040 г. оно увеличится в 1.37 раза. Тем не менее доля ископаемых источников энергии в общем энергопотреблении (нефть, газ, уголь) за рассматриваемый горизонт прогнозирования сократится с 87.0 до 80.8 % (рис. 5). Это означает, что добыча углеводородов и угля будет расти более медленными темпами (прирост 32 %), чем производство атомной и возобновляемых источников энергии (рост чуть менее чем в 2.5 раза) (рис. 6, см. табл. 1).

В ближайшие десятилетия в общем объеме мирового потребления первичных энергоресурсов нефть уступит свои лидирующие позиции и переместится на третье место, уступив газу и углю. До



2040 г. добыча нефти увеличится с 4.1 до 4.8 млрд т. По секторам потребления основной рост спроса на жидкие углеводороды будет приходиться на транспорт и промышленность, сокращение произойдет в электро-энергетике, коммерческом и жилом секторах. Доля нефти в мировом ТЭБ сократится с 33 до 26 % к 2040 г. Возрастет производство «синтетической» нефти из битумов, высоковязких нефтей и углеродистых сланцев.

**Рис. 6. Прогноз добычи/производства и потребления энергии в мире с дифференциацией по энергоносителям (2012—2040 гг.).**

1 — возобновляемые источники энергии. Остальные усл. обозн. см. на рис. 2.

Среди ископаемых энергоносителей наиболее интенсивно будет увеличиваться добыча и потребление природного газа. По объему потребления он незначительно, но превзойдет и уголь, и нефть. К 2040 г., согласно прогнозу, мировое потребление газа возрастет с 3.4 до 5.3 трлн м<sup>3</sup>. Увеличению добычи и потребления газа будут способствовать рост его добычи в действующих (Западная Сибирь, США, Катар, Иран) и новых районах (п-ова Ямал и Гыдан в Западной Сибири, Восточная Сибирь, Туркменистан, акватории морей на западе от Австралии и в Папуа-Новой Гвинее, акватории Северного Ледовитого океана), совершенствование, создание новых и удешевление технологий по добыче нетрадиционных источников газа (сланцевый газ, угольный метан, гидратный метан), транспортировка (СПГ, в том числе транспорт по Северному морскому пути, шельфовые трубопроводы), быстрое развитие новых рынков (АТР), ужесточение экологических факторов, связанных с ограничением выбросов CO<sub>2</sub>. Доля газа в структуре ТЭБ увеличится с 24.0 до 27.4 % до 2040 г.

В ближайшие десятилетия сохранятся относительно быстрые темпы роста добычи угля. В дальнейшем в 2030—2040-е годы темпы роста добычи угля замедлятся в связи с ограниченностью запасов и экологическими факторами. Мировой объем потребления угля вырастет на 34—35 % к 2040 г. и составит 10—11 млрд т, однако его доля в структуре потребления первичных энергоносителей сократится до 27.3 %. Основной объем добываемого угля в мире будет использован в электроэнергетике (58 %), промышленности (39 %) и коммунально-бытовом секторе. Получат развитие экологически чистые угольные технологии (водоугольные смеси и др.). Возрастет потребление угля в углехимии. Крупнейшими потребителями угля в мире останутся Китай, США и Индия.

Объем производства энергии из возобновляемых источников к 2040 г. увеличится почти в 2.4 раза и составит около 20 % от общего уровня потребления энергоносителей в мире. В 1.7 раза возрастет производство атомной энергии. Основной рост производства электроэнергии на атомных электростанциях будет происходить в развивающихся странах АТР.

## ПРОГНОЗ ДОБЫЧИ ИСКОПАЕМЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ В МИРЕ

Была выполнена вероятностная оценки глобальных ресурсов и мировой добычи основных энергетических ресурсов [Конторович, 2009].

### Нефть

Выполненные в ИНГГ СО РАН оценки показывают (табл. 2):

— с вероятностью менее 0.95 можно утверждать, что начальные глобальные извлекаемые ресурсы традиционной нефти больше 380 млрд т;

— с вероятностью более 0.95 можно утверждать, что начальные глобальные извлекаемые ресурсы традиционной нефти меньше 660 млрд т;

— средняя оценка начальных глобальных извлекаемых ресурсов традиционной нефти равна 510 млрд т.

Учитывая структуру начальных суммарных мировых ресурсов традиционной нефти, а также закономерности развития добывающих отраслей, следует считать наиболее вероятным, что максимальный уровень добычи традиционной нефти в мире будет достигнут в 2020—2030 гг. и составлять 4.2—4.8 млрд т/год (рис. 7). Главными районами добычи традиционной нефти в мире в этот период будут бассейн Персидского залива, Западная Сибирь, бассейн Каспийского моря, Восточная Сибирь, нефтегазоносные бассейны на атлантических шельфах Африки и Южной Америки, включая бассейн Мексиканского залива.

Уровень добычи традиционной нефти (4.2—4.8 млрд т/год) можно будет удерживать до конца 40-х годов XXI в. К концу XXI в. накопленная добыча нефти составит 470—500 млрд т, а годовая добыча традиционной нефти — 2.1—2.4 млрд т/год, т.е. опустится до уровня первой половины 1970-х годов XX в.

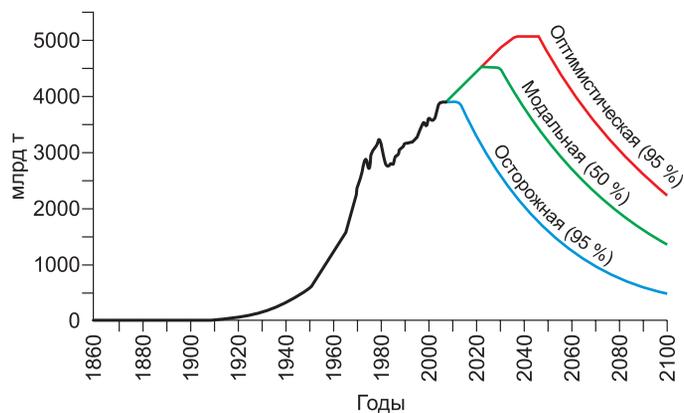
Таблица 2. Структура начальных суммарных мировых ресурсов традиционной нефти

Показатель	млрд т	%
Накопленная добыча	165	32
Запасы	162	32
Прогнозные ресурсы	183	36
Начальные суммарные ресурсы нефти	510	100

Примечание. Ресурсы — оценки ИНГГ СО РАН, накопленная добыча и запасы — [BP Statistical..., 2013; International Energy..., 2013; World Energy..., 2013].

Россия сохранит позиции одной из ведущих нефтяных стран мира [Конторович и др., 1999, 2010а]. В Западно-Сибирской провинции добыча нефти продолжит снижаться. В 2030 г. добыча нефти составит около 290—295 млн т, в 2040 г. — до 270—275 млн т. Начнется крупномасштабная добыча нефти в баженовской свите в Западной Сибири. Геологические ресурсы нефти в баженовской свите огромны. Проблема состоит в создании эффективных методов добычи нефти [Аналитическая служба, 2013].

**Рис. 7. История и прогноз добычи нефти в мире (1859—2100 гг.).**



В зрелых нефтегазоносных провинциях (Волго-Уральской, Тимано-Печорской, Северо-Кавказской) добыча нефти также будет снижаться [Эдер, 2013]. В Восточной Сибири и Республике Саха (Якутия) — в Лено-Тунгусской провинции и Ванкорско-Сузунском газонефтеносном районе Красноярского края на левобережье Енисея (Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция), освоение которых только начинается, добыча нефти возрастет до 70—72 млн т. Будет расти добыча нефти также на шельфе о. Сахалин. Она может быть доведена до 18—20 млн т.

Россия располагает потенциальными возможностями существенно нарастить добычу нефти.

Сегодня в ряде нефтегазоносных провинций, прежде всего, в Западно-Сибирской и Лено-Тунгусской, добыча нефти ограничивается отсутствием разведанных запасов [Конторович, Садовников, 2002]. Главной причиной отсутствия новых открытий и разведанных запасов в этих провинциях являются неоправданно низкие объемы геолого-разведочных работ последние 20 лет. Разрабатываемые и утвержденные Правительством энергетические стратегии России до 2020 г. и до 2030 г. и программа геолого-разведочных работ на нефть и газ в Российской Федерации предусматривали существенное увеличение объемов глубокого бурения. Однако в части геологоразведки они не выполняются. Опыт двух последних десятилетий вынуждает с большим скептицизмом относиться к перспективе изменения ситуации в российской геологоразведке. Наличие открытых месторождений на Непско-Ботуобинской и Байкитской антеклизе и оценки запасов категории  $C_2$  на них создают хорошие перспективы для прироста запасов в этом регионе при условии резкого увеличения объемов глубокого бурения. Нужно, однако, иметь в виду, что запасы нефти на открытых месторождениях являются трудноизвлекаемыми из-за сложного строения коллекторов, низких пластовых температур и давлений.

Правительственными программами и стратегиями ведущих нефтяных компаний предполагается постепенное повышение коэффициента извлечения нефти и вовлечение в разработку трудноизвлекаемых запасов нефти. В Волго-Уральской, Тимано-Печорской, Западно-Сибирской, Лено-Тунгусской нефтегазоносных провинциях следует широко вовлечь в разработку залежи высоковязких и тяжелых нефтей, а также битумов.

Будет расти добыча на шельфах арктических, дальневосточных и южных морей [Конторович и др., 2010б; Kontorovich et al., 2011; Добрецов, Конторович, 2012]. Предполагается активное вовлечение в разработку месторождений на шельфе Каспийского и Баренцева морей [Конторович и др., 2008]. В долгосрочной перспективе (после 2025—2030 гг.) возможно начало освоения Восточно-Арктического шельфа.

## Газ

Новые открытия месторождений традиционного газа и все возрастающее потребление нетрадиционного газа (сланцевый газ, угольный метан, гидратный газ) затрудняют оценку его мировых ресурсов и запасов. Состояние сырьевой базы и тренды последнего времени позволяют считать, что в 2040—2050 гг. XXI в. добыча газа превысит 5 трлн  $m^3$ . В структуре мирового ТЭБ газ займет первое место.

В ближайшие десятилетия в мире будут формироваться и быстро развиваться новые крупные центры добычи традиционного газа — Россия (п-ова Ямал, Гыдан, Карское и Баренцево моря, Восточная Сибирь), Ближний Восток — Иран, Катар и другие страны (шельф Персидского залива), Центральная Азия (Туркменистан, Казахстан), Австралия, Папуа-Новая Гвинея (шельфы) и др. [Эдер, 2012].

В России в зависимости от состояния рынков газа его добыча может составить в 2030—2040 гг. от 900 до 920 млрд  $m^3$ /год. Фактически уровень добычи газа будет определяться не сырьевой базой, а состоянием рынков и ценами на газ. Произойдет диверсификация рынков газа. Наряду с Западной Европой экспорт российского газа во все более возрастающих количествах будет направлен в Азиатско-Тихоокеанский регион [Конторович и др., 2008].

В Западной Сибири добыча газа возрастет. В его составе значительную роль будет играть нижнемеловой жирный конденсатный газ. Его добыча составит 140—160 млрд  $m^3$ /год. Квалифицированное его использование потребует огромных инвестиций на создание газоперерабатывающих предприятий, системы продуктопроводов и нефтегазохимических кластеров. Развитие газопереработки позволит пол-

ностью диверсифицировать по сырьевой базе существующие и создать новые мощности нефтегазохимии (Новоуренгойский газохимический комбинат, тобольские заводы — Тобольск Нефтехим, Тобольск Полимер) в Западной Сибири. Этана и ШФЛУ, которые можно выделить из жирного свободного и попутного газа, достаточно, чтобы обеспечить сырьем нефтегазохимию Западной Сибири, Поволжья (Башкортостан, Татарстан, Самара) и создать новый центр газохимии в Северо-Западном регионе (пос. Усть-Луга).

Первенцами новых центров газовой промышленности в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке будут гигантские Чайядинское и Ковыктинское месторождения. Газ месторождений Лено-Тунгусской провинции весь жирный и также является прекрасным сырьем для нефтегазохимии. Предполагается, что на продукты газопереработки можно будет перевести нефтехимические предприятия на юге Иркутской области, в Ангарске и Саянске и существенно увеличить их мощность. Кроме того, планируется создать газохимические предприятия в г. Белогорск Амурской области и в районе г. Владивосток. Группу этих предприятий следует объединить в Большой дальневосточный кластер.

Учитывая, что газ месторождений Восточной Сибири и западных районов Республики Саха (Якутия) содержит в высоких концентрациях гелий, Россия в ближайшие 10—15 лет должна стать одним из крупнейших поставщиков гелия на мировой рынок. Необходимо создать специальную государственную программу по организации в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке крупных центров по производству сверхчистого сжиженного гелия.

При реализации программы развития газохимии на базе газа Западной и Восточной Сибири Россия займет одно из первых мест в мире по производству полимерной и другой крупнотоннажной химической продукции. Перевод отечественной нефтегазохимии с нефти как сырья на газы  $C_2$ — $C_4$  сделает ее более эффективной и одновременно позволит сократить потребление для этой цели нефтепродуктов, что будет играть важную ресурсосберегающую роль в условиях падения добычи нефти.

Нефтегазохимическое производство развивается быстрыми темпами также в Китае и странах Ближнего Востока.

Произойдет диверсификация систем транспорта газа. Трубопроводный транспорт газа сохранит свои позиции только в Евразии и Северной Америке. В мире в целом будет преобладать транспорт сжиженного газа. Россия и другие арктические страны начнут крупномасштабный транспорт газа по Северному морскому пути. Строительство порта Сабетта на восточном берегу п-ова Ямал и газозовов ледового типа (ОАО «Новатэк») является первым важным шагом в этом направлении.

Одновременно с традиционными ресурсами газа в мире будет расти добыча нетрадиционного газа. В настоящее время к нетрадиционным ресурсам газа относят, прежде всего, метан угольных пластов, сланцевый газ, газ в плотных формациях и низкопроницаемых коллекторах (газ плотных коллекторов) и газогидраты [Technically..., 2013].

Наиболее вовлеченными в разработку нетрадиционными источниками газообразных углеводородов являются сланцевый газ и угольный метан, с которыми связывается основной прирост добычи нетрадиционного газа в мире. Япония сообщила о первых экспериментах по добыче гидратного газа.

На протяжении последних 10 лет активная отработка газа угольных пластов осуществляется в США, где его ежегодная добыча составляет более 50 млрд  $m^3$ . Кроме того, добыча газа угольных пластов осуществляется в ряде европейских стран (Германия, Польша, Великобритания), странах АТР (Австралия, Китай). Планы по дальнейшему наращиванию добычи метана угольных пластов имеют ряд крупнейших угледобывающих стран мира, прежде всего, Китай и Австралия.

Ресурсы сланцевого газа в мире, по оценке U.S. Energy Information Administration, около 200 трлн  $m^3$ . Территориально основная часть ресурсов сланцевого газа сосредоточена в Азиатско-Тихоокеанском регионе (более 25 % мировых ресурсов), Северной (23.4 %) и Южной (около 20 %) Америке. В значительных объемах добыча сланцевого газа ведется только на территории США, где добывается около 250 млрд  $m^3$  нетрадиционного газа в год. В среднесрочной перспективе начало активного промышленного освоения сланцевого газа возможно в Китае, Канаде, Великобритании, Австралии, Индии и ряде других стран.

Современная ресурсно-сырьевая база сланцевого газа и технологии его разработки позволяют уже к 2030—2040 гг. нарастить мировой объем добычи нетрадиционного газа. Следует, однако, иметь в виду, что современные оценки ресурсов сланцевого газа являются предварительными (спекулятивными) и для повышения их достоверности требуется значительный объем геолого-разведочных работ и совершенствование технологий добычи. В силу высокой стоимости этот газ должен быть ориентирован на потребления в местах добычи и будет неэффективен для дальнего транспорта.

## Уголь

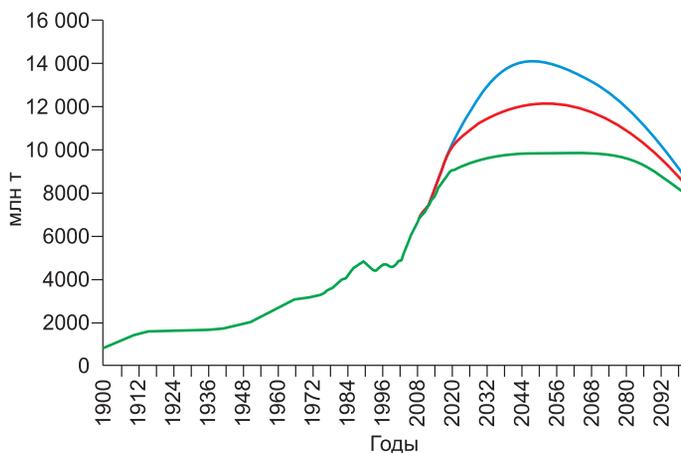
По прогнозу ИНГТ СО РАН темпы роста добычи угля в мире в дальнейшем из-за экологических и ресурсных ограничений не будут такими высокими, как в последние 15 лет. Максимальная добыча

**Рис. 8. История и прогноз добычи и потребления угля в мире (1900—2100 гг.).**

угля в мире (около 10—12 млрд т/год) будет достигнута к 2030—2040 гг. (рис. 8). После бурного роста добычи угля на рубеже XX и XXI вв. темпы его добычи начнут постепенно снижаться.

Дальнейший рост добычи угля будет невозможен не только по экологическим соображениям, но и из-за ограничений по сырьевой базе. Существует миф, что запасов угля человечеству хватит на столетия. Следует учесть, что около 50 % разведанных запасов угля (395 млрд т) находится в США и России. Обладая огромными ресурсами нефти и газа, эти страны в течение большей части XXI в. вряд ли будут стремиться существенно увеличивать добычу угля. Максимальная суммарная добыча угля в них едва ли превысит 1400 млн т/год. Оставшаяся вне США и России часть запасов угля (431 млрд т) при уровне пика добычи в 10—11 млрд т в мире будет в значительной степени исчерпана не позднее 2060 г. (рис. 9)!

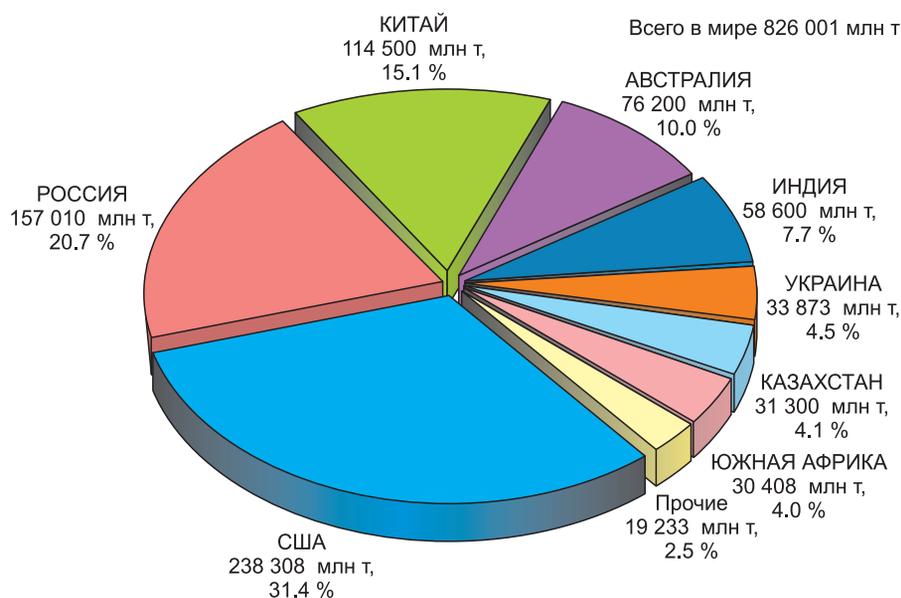
Отсюда с неизбежностью следует, что в мире и в России, в частности, необходимо резко увеличить инвестиции в поиски и разведку месторождений высококачественных углей.



### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличение населения Земли, рост экономик развивающихся стран приводит к перманентному увеличению потребления энергии и всех без исключения энергоносителей. Количество ископаемых энергоносителей ограничено и уже к 2020—2030 гг. человечество может столкнуться с проблемами в добыче традиционной нефти. Для традиционного газа пик мировой добычи может быть достигнут в 2040—2050 гг. Дальнейшее крупномасштабное наращивание добычи и потребления угля будет невозможно не только по экологическим соображениям, но и из-за ограничений по сырьевой базе — 75 % всех углей сконцентрировано в трех странах (США, Россия, Китай). Существует миф, что запасов угля человечеству хватит на столетия. После бурного роста добычи угля на рубеже XX и XXI вв. темпы его добычи начнут постепенно снижаться.

Человечество должно побеспокоиться о совершенствовании методов добычи и переработки угля, горючих сланцев, битумов, о создании новых источников энергии, в первую очередь, водородной энер-



**Рис. 9. Запасы угля в мире в 2012 г.**

гии и энергии термоядерного синтеза. Испытывая потребность в энергии, человечество будет вынуждено все больше использовать альтернативные, в том числе возобновляемые источники энергии.

Существующий мировой порядок распределения ресурсов углеводородов должен быть изменен на политику более справедливого распределения глобальных ресурсов углеводородов на душу населения между жителями Земли, на продолжение политики самоограничения в энергопотреблении со стороны развитых стран с учетом естественных поправок на природно-климатические условия.

Руководство России и вся наша страна сознают свою ответственность перед миром, перед всем человечеством в коллективном формировании нового мирового порядка, в распределении энергетических и других ресурсов.

#### ЛИТЕРАТУРА

**Аналитическая служба.** Новые прогнозы по добыче нефти в Югре // Нефть и капитал. 2013, № 9, с. 18—23.

**Добрецов Н.Л., Конторович А.Э.** Проблемы геологии и нефтегазоносности Арктики (вместо предисловия) // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (8), с. 967—971.

**Конторович А.Э.** Оценка мировых ресурсов и прогноз уровней добычи нефти в мире в XXI веке // Геология и геофизика, 2009, т. 50 (4), с. 322—329.

**Конторович А.Э., Садовник П.В.** Состояние сырьевой базы углеводородов и перспективы развития нефтяной и газовой промышленности России в первые десятилетия XXI века // Отечественная геология, 2002, № 2, с. 11—16.

**Конторович А.Э., Добрецов Н.Л., Лаверов Н.П., Коржубаев А.Г., Лившиц В.Р.** Энергетическая стратегия России в XXI веке // Вестн. РАН, 1999, № 9, с. 771—789.

**Конторович А.Э., Коржубаев А.Г., Филимонова И.В., Эдер Л.В.** Инновационное развитие крупных отраслей экономики России: нефтяной комплекс. Новосибирск, Изд-во Новосиб. ун-та, 2008, 60 с.

**Конторович А.Э., Лившиц В.Р., Хаджиев С.Н., Эдер Л.В.** Нефтяной комплекс // Энергетика России: взгляд в будущее (обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года). М., ИД «Энергия», 2010а, с. 186—236.

**Конторович А.Э., Эпов М.И., Бурштейн Л.М., Каминский В.Д., Курчиков А.Р., Малышев Н.А., Прищепа О.М., Сафронов А.Ф., Ступакова А.В., Супруненко О.И.** Геология, ресурсы углеводородов шельфов арктических морей России и перспективы их освоения // Геология и геофизика, 2010б, т. 51 (1), с. 7—17.

**Эдер Л.В.** Итоги работы газовой промышленности России в 2011 г. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2012, № 5, с. 18—24.

**Эдер Л.В.** Нефтяная промышленность России на современном этапе // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013, № 3, с. 32—36.

**BP Statistical Review of World Energy.** 2013.

**International Energy Annual 2013.** U. S. Energy Information Administration. Office of Energy Markets and End Use. Washington, 2013, 150 p.

**Kontorovich A.E., Burshtein L.M., Kaminsky V.D.** Chapter 29 The potential for hydrocarbon resource development on the Russian Arctic ocean shelf // Arctic Petroleum Geol., Geol. Soc., London, 2011, v. 35, p. 443—449.

**Technically recoverable shale oil and shale gas resources: an assessment of 137 shale formations in 41 countries outside the United States.** U.S. Department of Energy, Washington, DC, 2013, 730 с.

**World Energy Outlook 2013.** International Energy Agency, 2013, 233 p.

*Поступила в редакцию  
26 ноября 2013 г.*