

## QUO VADIS?

### *Развитие мировой экономики и энергетики будет сопровождаться рядом кризисов*

БУШУЕВ Виталий Васильевич,  
доктор технических наук, профессор,  
Генеральный директор Института энергетической стратегии

МАСТЕПАНОВ Алексей Михайлович,  
доктор экономических наук, академик РАН,  
советник заместителя Председателя Правления ОАО «Газпром»

КУРИЧЕВ Николай Константинович,  
эксперт-аналитик Института энергетической стратегии

(журнал "Нефть России", № 8 2010 г., стр. 7–11)

**Мировая энергетика является составной частью мировой цивилизации. Поэтому в долгосрочной перспективе динамика мирового развития должна рассматриваться в рамках единого энерго-эколого-экономического подхода (три «Э»). Основные противоречия мирового развития (демографические, ресурсные, финансовые, технологические, экологические) разрешаются путем глубоких кризисов, изменяющих парадигму развития экономики, социума и энергетики.**

**В настоящее время мировая энергетика находится на определенном рубеже, после которого ее дальнейшее инерционное развитие становится невозможным. Возросшие экологические требования, рост издержек в топливной энергетике и изменение характера спроса при переходе от индустриального типа развития к постиндустриальному вызывают кризис современных форм организации энергетики и требуют создания энергетики нового типа. Точно так же кризис мировой экономики требует разрешения путем перехода к новой фазе развития. Поэтому можно с высокой степенью вероятности ожидать, что уже в среднесрочной перспективе (2020 г.) начнутся, а к 2050 г. произойдут глубокие изменения в технологической и организационной структуре мировой энергетики.**

### **Долгосрочные тенденции развития**

Анализ будущего мировой энергетики особенно актуален для России, поскольку её экономика по-прежнему находится в сильной зависимости от состояния мировых энергетических рынков. В западных исследованиях особенности российской энергетики, как правило, слабо учитываются. Высокая роль России в мировой энергетике требует разработки самостоятельных прогнозов, которые могли бы стать альтернативой прогнозам Международного энергетического агентства, кото-

рые 1) отражают интересы исключительно развитых стран – потребителей энергоресурсов, 2) построены в рамках инерционного подхода.

В отличие от работ МЭА, мы предлагаем использовать неинерционный подход к исследованию будущего, в котором сценарии формируются не как развилки между ключевыми трендами, а как способ «упаковки» взаимосвязанных трендов, что повышает их устойчивость к внешним факторам. Энергетика рассматривается как сложная динамическая система противоречий, что позволяет прогнозировать не только количественные тенденции, но и качественные изменения в ее организации.

Развитие мировой экономики и энергетики в долгосрочной перспективе будет определяться сочетанием трех принципов – статического, циклического и динамического. В период до 2050 г. будет действовать инерция экономического и особенно энергетического развития (статический принцип). Наряду с инерцией будет действовать цикличность мирового энергетического и экономического развития (*циклический принцип*). В перспективе 2025-2030 гг. можно ожидать, что произойдет острый комплексный кризис социума и экономики, который может быть разрешен сменой парадигмы развития общества (динамический принцип).

За последние 100 лет имели место три подобных кризиса, которые сопровождались сменой парадигмы развития – кризис начала 1930-х гг., кризис начала 1970-х гг. и кризис конца 2000-х гг.

**Стратегия действий России должна включать не только пассивную адаптацию к сформированным трендам развития мировой энергетики, но и активное формирование повестки дня мирового энергетического развития.**

Кризис начала 1930-х гг. привел к тому, что резко усилилось государственное воздействие на экономику в США, Германии и СССР. Этот процесс совпал с ускоренной индустриализацией и резким ростом спроса на электрическую энергию для промышленности и нефтяное моторное топливо.

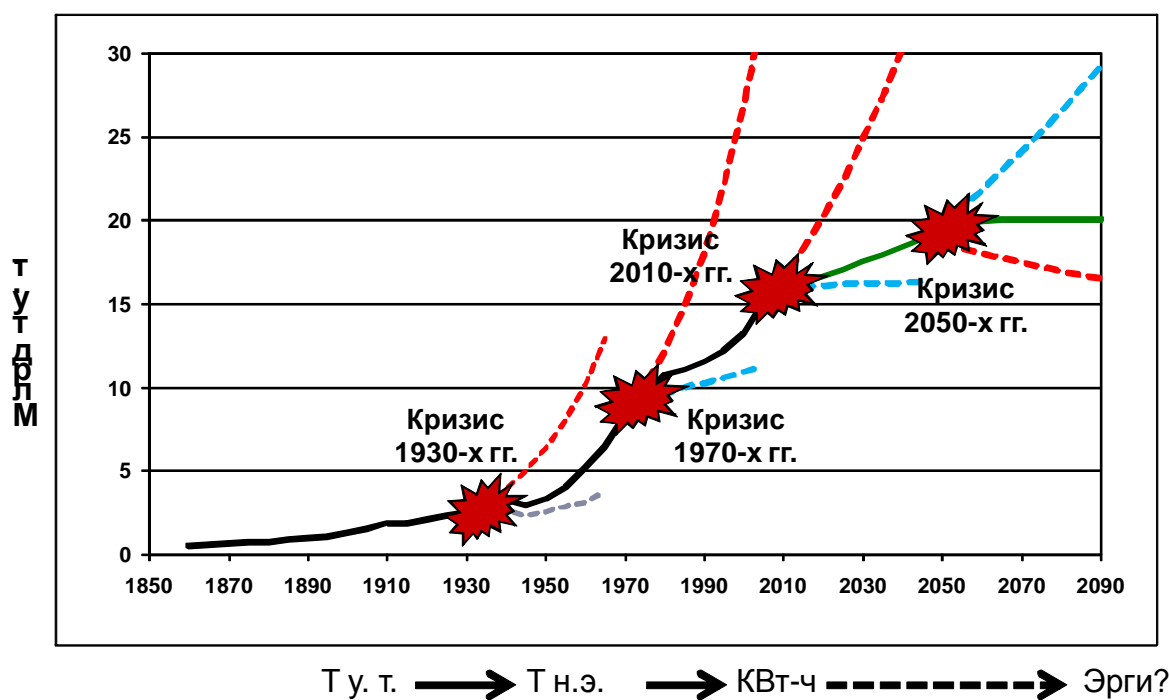
Кризис начала 1970-х гг. был вызван переходом США и Западной Европы к постиндустриальному развитию и окончанием «холодной войны». Резко активизировалось частное предпринимательство, произошла либерализация и монетизация мировой экономики, на смену кейнсианскому регулированию пришло монетаристское. Одновременно ускорилось развитие атомной энергетики, возрос спрос на газ как топливо для энергетики, обслуживающей в том числе мелкий и средний бизнес и жилищно-сервисную сферу.

Кризис конца 2000-х гг. был обусловлен кризисом «виртуальной экономики» и спекулятивного мирового рынка «бумажных» активов (включая нефтяной фьючерсный рынок), угрозой глобального потепления. Возникла необходимость очередной смены парадигмы развития. Это потребовало усиления роли государства, перехода основных углеводородных ресурсов под контроль национальных нефтегазовых компаний (вместо доминирования транснациональных компаний), разви-

тия принципов регионального самообеспечения и национальной энергетической безопасности, интенсификации энергосбережения и развития ВИЭ.

Каждый кризис вызывал изменение динамики мировой энергетики, которая сходила с устойчивой траектории экспоненциального роста, характерной для докризисного периода (1945-1970, 1980-2005 гг.). В ходе кризиса темпы роста мирового энергопотребления снижались и могли становиться отрицательными, а после кризиса формировалась новая устойчивая траектория экспоненциального роста (рис.1). При этом формировании каждого кризиса происходил выбор между альтернативными траекториями развития энергетики – 1) продолжением прежней модели роста («верхний сценарий»), 2) переходом к новой менее модели роста и 3) переходом к неэнергоемкой модели роста («нижний сценарий»).

В действительности первая и третья траектории всегда сталкивались с труднопреодолимыми ограничениями, поэтому реализовывалась компромиссная вторая траектория. Иными словами, после выхода из кризиса рост мирового энергопотребления продолжался, но со снижением темпов (они увеличивались только на раннем индустриальном этапе).



Примечание: черная линия – фактическое потребление энергии в 1860-2010 гг., зеленая линия – предварительный прогноз потребления энергии в 2010-2090 гг., пунктирные линии – альтернативные траектории развития мировой энергетики, красная линия – «верхний сценарий», голубая линия – «нижний сценарий».

Рис. 1. Динамика мирового потребления энергии в 1860-2090 гг.

При этом происходила не просто смена доминирующего энергоносителя (энергоресурса), но и изменение его качества (ценности), что потребовало перехода и к новой системе энергетических единиц. Так, определяющим после кризиса 30-х годов стал переход к измерению всех ТЭР в тон-

нах нефтяного эквивалента (вместо тонн угольного эквивалента), а ныне – к оценке всех энергоносителей в кВт-часах – единицах конечного наиболее ценного энергоносителя. В будущем энергию всех как физических, так и иных видов полезной работы целесообразнее измерять в новых более универсальных единицах – например, в эргах. Хотя между всеми единицами существуют переводные коэффициенты, но все они ориентируются на сопоставлении различных энергоносителей по самым наименее качественным эффектам – тепловому и механическому. В будущем необходима ориентация на измерении энергии с учетом ее качества, зависящего не только от мощности, но и от организованности энергетического потока.

Исходя из ретроспективной динамики мировой энергетики, мы прогнозируем в 2050-х гг. следующий кризис мировой экономики и энергетики, связанный с исчерпанием потенциала традиционного индустриального развития и переходом к энергоинформационному («умному» - smart grids) устойчивому развитию с гармонизацией отношений в общепланетарном Доме – Экосе, системе «природа-общество-человек». Как и предыдущие кризисы, этот кризис будет сопровождаться выбором между альтернативными траекториями энергетического развития. Будущий кризис может привести к очень глубоким сдвигам, включая отход от топливной энергетики.

### **Сценарии развития мировой энергетики**

Кризис конца 2000-х гг. оказал глубокое воздействие на динамику мировой энергетики, а сценарий ее последующего развития зависит от направления выхода из этого кризиса в 2010-2012 гг. В зависимости от того, как будет разрешен кризис конца 2000-х гг., можно рассматривать следующие сценарии развития мировой энергетики:

- 1) Инерционно-катастрофический,
- 2) Стабилизационно-стагнационный,
- 3) Инновационно-революционный.

Для каждого сценария характерны особый путь разрешения противоречий мировой энергетики и соответственно масштабы мирового и регионального спроса на энергоносители, структура спроса на конечные энергетические услуги и производства первичных энергоресурсов.

Все три сценария предполагают два различных этапа: 2010 – 2030 гг. и 2030 – 2050 гг. В 2010 – 2030 гг. сохраняется значительная инерция современного состояния мировой энергетики. Значительно усилится роль государства (как и в 1930-1970 гг.) в развитии и регулировании энергетики по сравнению с периодом либерализации 1970-2010 гг. Это сегодня уже проявляется в т.н. «ресурсном национализме» и отходе от решения проблем глобальной энергетической безопасности в пользу региональной энергодостаточности. Примером тому является доминирование национальных нефтяных компаний в основных энергодобывающих странах, развитие добычи сланцевого

газа и «тяжелых нефтей» в Северной Америке, искусственное ускорение в освоении ВИЭ в Европе, что не только экономические и экологические но и геополитические причины. После 2030 г., по нашей оценке, инерция исчерпывается, наступает период стагнации, скрытого или явного энергетического кризиса, а затем энергетика переходит в качественно новое состояние. Иными словами, все три сценария предполагают «подготовку» мировой энергетики к кризису 2050-х гг., накопление в ней предпосылок для «явного» кризиса 2050 г. путем «промежуточного» кризиса 2030-х гг. Прогноз тенденций мирового энергопотребления в различных сценариях представлен на рис.2.

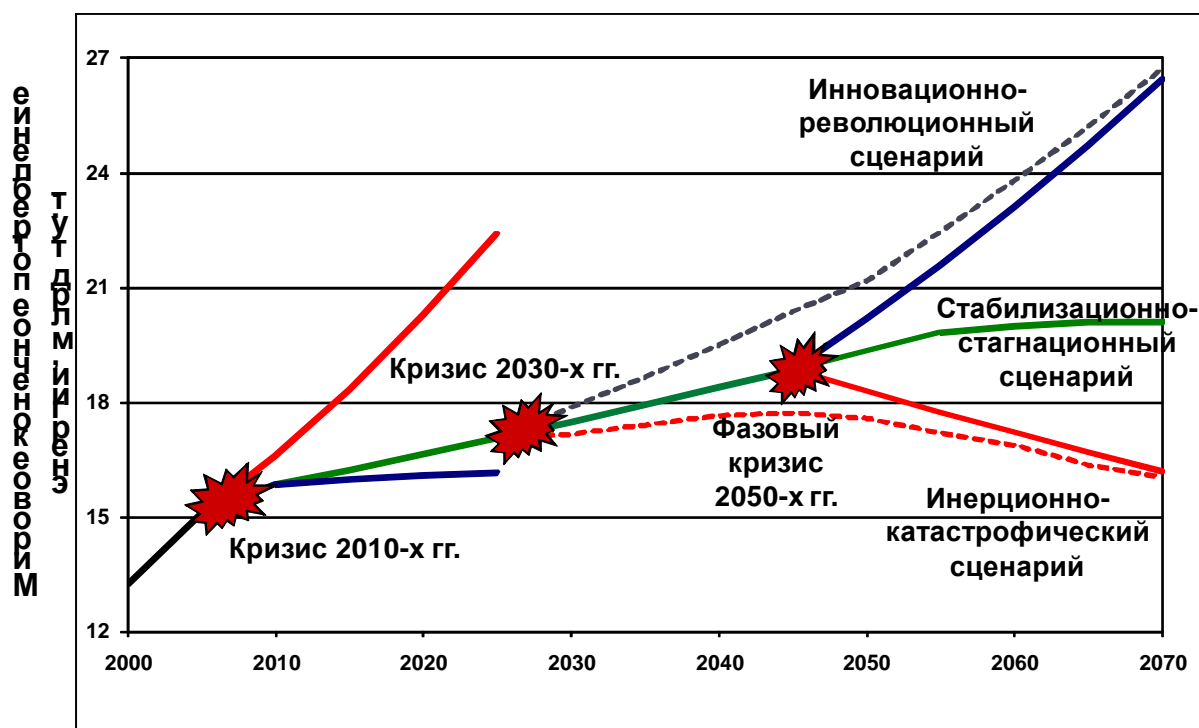


Рис. 2. Возможные сценарии мирового потребления энергии до 2050 г.

Инерционно-катастрофический сценарий предполагает сохранение до 2030 г. современной траектории развития мировой энергетики, которая является неустойчивой по экономическим, социальным, экологическим, политическим параметрам. Растущий спрос на углеводородное топливо приведет к исчерпанию «дешевых» запасов, резкому увеличению инвестиционных потребностей для освоения нетрадиционных энергоресурсов. Энергетика будет сдерживать социально-экономическое развитие, что приведет либо к приостановке экономического развития, либо к отказу от экологических ограничений. Пассивная энергетическая политика «ничего неделанья» приведет к катастрофе, которая будет означать либо физическое отсутствие экономически доступных ресурсов нефти и газа, либо экологическую недопустимость использования угля и атомной энергетики, либо технологическую недоступность освоения в больших масштабах ВИЭ.

Ключевыми тенденциями развития мировой энергетики в инерционно-катастрофическом сценарии будут:

- Падение степени самообеспеченности энергоносителями ключевых регионов мира (особенно Китая и Индии) и перераспределение международной торговли энергоносителями в восточном направлении.

- Появление помимо традиционных поставщиков энергоносителей (стран Ближнего Востока и России) и традиционных потребителей (развитых стран) новой группы стран – узлов энергетического спроса и предложения и серьезная трансформация мировой энерготранспортной инфраструктуры.

- Нарастание конкуренции между международными и национальными нефтяными компаниями.

- Крайняя волатильность энергетических рынков, подверженных финансовым и геополитическим рискам.

- Регулирование энергетических рынков, инвестиционных процессов и технологической политики в энергетике усилится и перейдет на международный уровень.

- Реализация ведущими странами стратегии контроля над предложением (ОПЕК, Китай), спросом (Европа) и транзитом (США) для обеспечения национальной энергетической безопасности.

- Вероятный кризис мировой экономики и энергетики после 2030 г. может привести к распаду мирового энергетического рынка на отдельные регионы, резкому сокращению потребления нефти и газа, необходимости опоры на местные ресурсы, в первую очередь угля, а также ренессанс атомной энергетики.

Стабилизационно-стагнационный сценарий предполагает корректировку современных трендов развития в 2010-2030 гг. правовыми и политическими механизмами. За счет активных мер энергосбережения это позволит снять остроту проблем изменения климата и роста спроса на энергоносители, смягчить дисбалансы и противоречия в развитии мировой энергетики, но предполагает ограничение инвестиционно-инновационного развития энергетики. Энергетический фактор станет тормозом не только чисто индустриального, но и постиндустриального развития. Как следствие, после 2030 г. этот сценарий приводит к снижению темпов развития, стагнации мировой энергетики и постепенной потере устойчивости.

Ключевыми тенденциями развития мировой энергетики в стабилизационно-стагнационном сценарии будут:

– Резкое усложнение технологических цепочек в энергетике за счет быстрого развития новых видов топлива (биотоплива различных видов, в конце периода – водорода), других вторичных источников энергии, ВИЭ.

– Медленный рост международных потоков углеводородов.

– Конкуренция между компаниями топливной энергетики и компаниями из сферы возобновляемой энергетики, энергосервисными компаниями.

– Отход от биржевого ценообразования и превращение энергетического рынка в сервисный, или «коммунальный» рынок.

– Развитие межотраслевой конкуренции и исчезновение сверхприбылей в энергетическом секторе.

– Рост роли экологических и регулятивных факторов на энергетическом рынке и формирование искусственной системы цен в энергетике.

– Использование климатической политики на глобальном уровне как важного инструмента межгосударственной конкуренции и управления развитием других стран со стороны США и ЕС.

– Снижение роли стран – экспортеров ТЭР и значимости линии «производители ТЭР – потребители ТЭР».

– Вероятный конфликт развитых и развивающихся стран по вопросу о климатической политике.

– Замедление энергетического и экономического развития в долгосрочной перспективе.

Инновационно-революционный сценарий предполагает изменение современных трендов развития энергетики уже в 2010-2030 гг. за счет инновационного развития энергетики как в секторе производства энергии, так и в секторе её конечного потребления.

Одним из направлений такого прорыва может стать создание мощных и дешевых аккумуляторов электроэнергии, что приведет к переходу на электромобили. Это, в свою очередь, приведет к росту спроса на электроэнергию и снижению спроса на нефть, сворачиванию нефтяного бизнеса. Одновременно возрастет актуальность поиска новых способов нетопливного (прямого) получения электроэнергии. Значительную роль может сыграть создание реакторов на быстрых нейтронах и замкнутого ядерного топливного цикла, а также реакторов малой мощности. Актуальными станут и проблемы освоения электромагнитной энергии Земли и Космоса.

Следует подчеркнуть, что не исчерпание физически и даже экономически доступных запасов нефти, а падение спроса на нее приведет к сворачиванию нефтяного бизнеса в мире. К 2030 г. нефть перестанет быть «черным золотом», эквивалентом энергетического и экономического богатства стран и основным энергетическим ресурсом развития. При этом неизбежно вырастет спрос

на электроэнергию, производство которой потребует развития газовой генерации, развития атомной энергетики и создания инновационного «электрического мира».

Ключевыми тенденциями развития мировой энергетики в инновационно-революционном сценарии будут:

- Высокая инвестиционная активность.
- Постепенная трансформация энергетического рынка в рынок технологий, а не товаров, что приведет к изменению модели его работы.
- Формирование противоречий между государствами, где развивается инновационная энергетика, и государствами, опирающимися на топливные источники энергии.
- Рост доли электроэнергии в конечном потреблении энергоносителей («электрический мир»).
- Реализация ряда крупных проектов в технологической сфере энергетики.
- Быстрое инновационное развитие, а именно:
  - развитие распределенной генерации. Переход промышленных предприятий к частичному производству энергии как для собственных нужд, так и для других потребителей;
  - создание интеллектуальных электроэнергетических сетей (smart grids), интеграция энергетических и информационных сетей, развитие управления энергопотреблением в сфере конечного потребления;
  - развитие энергосбережения, в том числе в коммунальном секторе (дома с низким и даже нулевым потреблением энергии, активные и пассивные дома – анализ технологических перспектив);
  - создание мощных и дешевых аккумуляторов электроэнергии и распространение электромобилей
  - развитие технологий транспортировки и хранения энергии (возможности передачи электроэнергии на большие расстояния с использованием СВЧ, полуволновой передачи, постоянного тока; технологии хранения электроэнергии в энергосистемах);
  - создание технологий автономного и мобильного энергоснабжения.
- Решение проблемы изменения климата в связи с распространением новых источников энергии и появлением технологий управления климатом (геоинжиниринг).

Главным результатом изменения «технологического портрета» мировой энергетики к 2050 г. станет переход от количественных оценок энергии к качественным на основе информационно-энергетических систем.



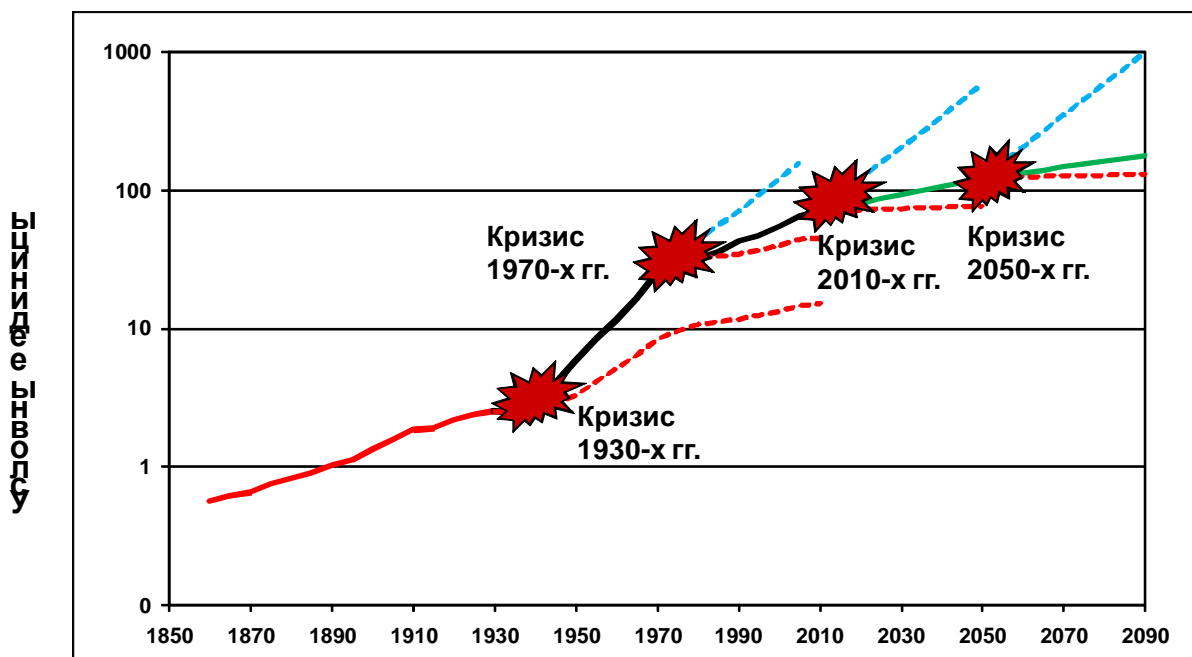
## Грядут большие перемены

Итак, как видно из проведенного анализа, различия между сценариями развития мировой экономики и энергетики являются очень глубокими. Мировую энергетику в каждом из трех рассмотренных сценариев ожидают значимые изменения. Изменится технологическая основа мировой энергетики, ее организационные формы, экономическая и политическая роль, методы регулирования и управления, направление развития. Ключевые организационные изменения будут состоять в снижении роли и прибыльности нефтяного бизнеса, росте роли атомно-энергетического бизнеса, росте конкуренции международных и национальных нефтяных компаний, развитии энергосервисных компаний. Центр формирования прибыли сместится от эксплуатации ресурсов к созданию новых энергетических технологий.

Динамика мирового потребления первичной энергии не отражает адекватно динамику мировой энергетики и качественные различия между сценариями. Развитие мировой энергетики связано с качественными сдвигами от менее ценных видов энергии к более ценным. Так, после 1930-х гг. произошел переход от угольной к нефтяной энергетике (и соответственно, от тонн условного (угольного) топлива к тоннам нефтяного эквивалента как единице энергии), в 1970-е гг. – переход к электроэнергетике и к киловатт-часам. Можно ожидать, что к 2050-м гг. произойдет переход к неким новым единицам энергии (условно – «эргам»).

Можно рассчитать динамику мировой энергетики по динамике потребления приоритетных видов энергии (в XX веке: до 1930 г. – по динамике потребления угля, в 1930-1970 гг. – по динамике потребления нефти; в 1970-2010 гг. – по динамике потребления электроэнергии). В этом случае темпы ее роста будут намного выше, что отражает реальное положение: «эффективное» энергопотребление (реальная энерговооруженность) с учетом перехода к более ценным (квалифицированным) видам энергии возросло за XX век приблизительно в 100 раз при росте потребления первичной энергии в 10 раз. Результаты расчетов с учетом прогноза представлены на рис. 3.

Таким образом, различия в «эффективном» энергопотреблении между сценариями оказываются существенно более значительными, чем по потреблению первичной энергии. Инерционно-катастрофический и стабилизационно-стагнационный сценарий приводят к необратимому нарушению устойчивости мирового развития, хотя и с различной скоростью. Эти сценарии предполагают стагнацию «эффективного» энергопотребления. Инновационно-революционный сценарий, напротив, предполагает быстрый рост «эффективного» энергопотребления (полезной работы, выполняемой за счет потребления энергии) за счет перехода к более квалифицированным видам энергии.



Т у. т. → Т н.э. → кВт-ч → Эрги?

Примечание: черная линия – фактическое потребление энергии в 1860-2010 гг., зеленая линия – предварительный прогноз потребления энергии в 2010-2090 гг., пунктирные линии – альтернативные траектории развития мировой энергетики, красная линия – инерционно-катастрофический сценарий, голубая линия – инновационно-революционный сценарий.

**Рис. 3. Возможные сценарии развития мировой энергетики до 2050 г. (качественные изменения)**

Качественные изменения, которые будут происходить в каждом из указанных сценариев, требуют от России разработки адекватной стратегии действий. В рамках любого из трех сценариев, хотя и по разным причинам, роли России как крупнейшего экспортера энергоносителей недостаточно для обеспечения национальных интересов и значимых позиций в международных отношениях. В инновационно-революционном сценарии - из-за снижения роли углеводородной энергетики и повышения значения технологического лидерства, в инерционно-катастрофическом – из-за геополитической нестабильности и угроз суверенитету над запасами ТЭР, в стабилизационно-стагнационном – из-за глобальной климатической политики. Стратегия действий России должна включать не только пассивную адаптацию к сформированным трендам развития мировой энергетики, но и активное формирование повестки дня мирового энергетического развития, в том числе путем разработки инновационных прогнозов и обеспечения интеллектуального лидерства России в исследовании проблем мировой энергетики.