

РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№12(166), декабрь 2021



Тема номера

**РАЗВИТИЕ ТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
В УСЛОВИЯХ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА**



# Содержание

3 Слово редакторов

## От первого лица

4 **А. Новак.** Будущее российской нефти в эпоху энергоперехода

## Энергопереход

14 **А. Широ, М. Гусев, А. Колпаков.** Постковидное восстановление экономики и энергетики

24 **А. Лопатников.** Водородная энергетика: как широко, как скоро

## Газ

42 **С. Капитонов.** Уроки газового кризиса в Европе

## Энергетика

50 **Н. Береснева, Н. Пяткова.** Оценка надежности энергоснабжения территорий

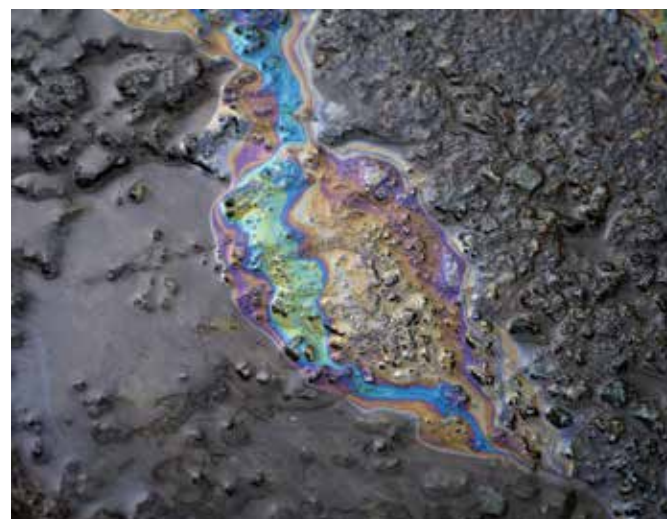
60 **Е. Коровин.** Система коллективной энергобезопасности: международно-правовое измерение

## Цифра

70 **Г. Дроздова, С. Ершова, В. Николаева, Л. Шилова.** Строительное информационно-энергетическое моделирование

## Экология

80 **Р. Такташев, А. Каптика, А. Охлопков, Д. Фролагина, В. Битней, Н. Голивкина.** Биологическая доочистка сточных вод в энергетике



# Contents

3 Editor's Column

## In the first person

4 **A. Novak.** The future of Russian oil in the era of energy transition

## Energy Transition

14 **A. Shirov, M. Gusev, A. Kolpakov.** Post-Covid economic and energy recovery

24 **A. Lopatnikov.** Hydrogen Energy: How Far, How Soon

## Gas

42 **S. Kapitonov.** Lessons from the gas crisis in Europe

## Energy

50 **N. Beresneva, N. Pyatkova.** Assessment of reliability of power supply to territories

60 **E. Korovin.** The system of collective energy security: an international legal dimension

## Digitalization

70 **G. Drozdova, S. Ershova, V. Nikolaeva, L. Shilova.** Building information-energy modeling

## Ecology

80 **R. Taktashev, A. Kaptikina, A. Ohlopkov, D. Frolagina, V. Bitney, N. Golivkina.** Biological wastewater treatment in the power industry

### УЧРЕДИТЕЛИ

Министерство энергетики Российской Федерации, 107996, ГСП-6, г. Москва, ул. Щепкина, д. 42

ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики Российской Федерации, 129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1

### ИЗДАТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики Российской Федерации, 129085, г. Москва, проспект Мира, д. 105, стр. 1

### НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**В.В. Бушуев** – акад. РАЕН и РИЗ, д. т. н., председатель совета, ген. директор ИЭС  
**А.М. Мастепанов** – акад. РАЕН, д. э. н., руководитель Центра энергетической политики ИПНГ РАН  
**Д.А. Соловьев** – к. ф.-м. н., ответственный секретарь совета  
**А.Н. Дмитриевский** – акад. РАН, д. г.-м. н., научный руководитель ИПНГ РАН  
**Н.И. Воропай** – член-корр. РАН, д. т. н., научный руководитель ИСЭМ СО РАН  
**А.И. Кулапин** – д. х. н., ген. директор РЭА Минэнерго России

**В.А. Крюков** – акад. РАН, д. э. н., директор ИЭОПП СО РАН  
**Е.А. Телегина** – член-корр. РАН, д. э. н., декан факультета РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина  
**А.И. Громов** – к. г. н., директор по энергетическому направлению ФИЭФ  
**С.П. Филиппов** – акад. РАН, д. э. н., директор ИНЭИ РАН  
**А.Б. Яновский** – д. э. н., к. т. н., помощник руководителя администрации президента РФ  
**П.Ю. Сорокин** – заместитель министра энергетики России  
**О.В. Жданев** – к. ф.-м. н., руководитель дирекции технологий ТЭК ФГБУ «РЭА»

**Главный редактор**  
Анна Горшкова

**Научный редактор**  
Виталий Бушуев

**Обозреватель**  
Арсений Погосян

**Корректор**  
Роман Павловский

**Фотограф**  
Иван Федоренко

**Дизайн и верстка**  
Роман Павловский

**Адрес редакции:**  
129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1  
+79104635357  
anna.gorshik@yandex.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77-75080 от 07.03.2019

Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК  
При перепечатке ссылка на издание обязательна

Перепечатка материалов и использование их в любой форме, в том числе в электронных СМИ, возможны только с письменного разрешения редакции

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов

Редакция не имеет возможности вступать в переписку, рецензировать и возвращать не заказанные ею рукописи и иллюстрации

Тираж 1000 экземпляров  
Периодичность выхода 12 раз в год  
Цена свободная

Отпечатано в «ПБ «Модуль», 115162, Москва, Мытная улица, дом 48, цоколь пом. 2, ком. 1,3

Подписано в печать: 05.12.2021  
Время подписания в печать по графику: 13:00  
фактическое: 13:00

16+





«Россети» —  
вместе  
в будущее



Виталий БУШУЕВ  
Научный редактор журнала  
«Энергетическая политика», акад. РАЕН и РИЭ, д. т. н.



Анна ГОРШКОВА  
Главный редактор журнала  
«Энергетическая политика»

---

## Спрос на классику

---

Обеспечение энергетической безопасности является одной из основополагающих задач топливно-энергетического комплекса России. В условиях постоянно растущего спроса на энергию при меняющихся условиях рынка, особую важность приобретает стабильность поставок энергоресурсов. Поэтому, несмотря на активное развитие возобновляемых источников энергии, в ближайшие 10–15 лет спрос на нефть и будет только расти. При этом потребление будет подстегиваться быстрым и скачкообразным восстановлением мировой экономики после пандемии 2020 года.

На этом фоне особую важность приобретает международное сотрудничество и кооперация, позволяющие совместными

усилиями формировать ответы на новые энергетические и климатические вызовы.

Климатическая повестка, социальное развитие отдельных регионов и геополитические интересы превращают энергетическую отрасль в очень сложный, сложно прогнозируемый комплекс с постоянно меняющимися правилами игры. За небольшой промежуток времени возникают рынки и формируются новые подотрасли. Так в течение 2021 года укрепился тренд на формирование водородной энергетики. Это, в свою очередь, порождает моделирование различных сценариев развития энергетической отрасли. Этому посвящен декабрьский номер журнала «Энергетическая политика».



**Александр НОВАК**

Заместитель председателя Правительства РФ

DOI 10.46920/2409-5516\_2021\_12166\_4

## Будущее российской нефти в эпоху энергоперехода

Десятилетиями нефть стабильно удерживает позиции основного энергоресурса на планете, а нефтяная отрасль остается ведущим звеном в экономике многих развитых стран. Активизация климатической повестки привела к смещению политического акцента в сторону альтернативных источников энергии. Однако большинство экспертов полагают, что в условиях растущего мирового спроса на энергию в ближайшие десятилетия полностью отказаться от углеводородов, в том числе нефти, будет невозможно. В этой связи параллельно с работой по развитию альтернативных источников энергии России как ведущему экспортёру нефти и газа необходимо сосредоточиться на максимально эффективном использовании нефтяных ресурсов, которые при инновационных подходах могут быть достаточно экологичными и конкурентоспособными в условиях возможного энергоперехода.



### Настоящее и будущее мировой нефтяной промышленности

В течение последних полутора лет беспрецедентное влияние на мировую экономику оказывает пандемия. Нефтяная отрасль оказалась одной из наиболее чувствительных к возникшим вызовам. Снижение спроса на нефть в течение 2020 года на 8,6 % было самым большим за всю историю наблюдений.

В случае отсутствия соглашения стран ОПЕК+, достигнутого в апреле 2020 года, нефтехранилища оказались бы заполнены уже к началу лета того же года, что могло бы обрушить цены до нуля. При этом благодаря усилиям участников рынка, нам

удалось избежать хаотичного падения и стабилизировать ситуацию.

К слову, успешное сотрудничество в рамках ОПЕК+ позволяет нам при необходимости рассматривать этот формат не только как инструмент для стабилизации рынка, но и как альянс ключевых нефтедобывающих стран для совместной работы над технологиями, стандартами и углублениями экономического взаимодействия.

Отчасти благодаря восстановлению мировой экономики, но также и в связи с энергетическими кризисами в Европе и Азии, вызванными в том числе сбоями в работе альтернативных источников энергии, спрос на нефтепродукты и нефть осенью этого года значительно возрос. В подобных случаях за традиционные энер-





Нефтяной танкер

Источник: Nightman1965 / Depositphotos.com

горесурсы говорит такой немаловажный фактор, как надежность.

В ответ на энергетический кризис МЭА повысило оценку роста спроса на нефть в 2021 году на 170 тыс. б/с, в 2022 году – на 210 тыс. б/с и спрогнозировало возвращение спроса на докризисный уровень уже к 2023 году. При этом ноябрьское решение США и ряда крупнейших потребителей нефти о высвобождении части стратегических нефтяных резервов, как полагают аналитики, может оказать лишь краткосрочное влияние на рынок.

Что касается потенциала нефтяного топлива в долгосрочной перспективе,

---

**По предварительным прогнозам, цена на нефть к 2050 г. в реальных величинах (то есть в ценах 2019 г.) окажется в пределах 40–70 долларов за баррель в зависимости от сценария**

---

по прогнозам ВР, до 2050 года глобальное потребление энергии в мире будет увеличиваться в диапазоне от 0,3 % до 0,7 % в год. Перспективы нефти на этом растущем рынке определит целый ряд факторов. Во многом уровень востребованности «черного золота» будет зависеть как от темпов развития технологий для выработки альтернативных источников энергии, и что не менее важно – их стоимости, так и от возможности обеспечивать приемлемый уровень себестоимости нефти и применения «зеленых» технологий для снижения ее углеродного следа.

На данный момент производство, например, водорода, который рассматривается как ключевой энергоноситель будущего, требует значительных затрат и новой инфраструктуры, что пока существенно влияет на его конкурентоспособность. Кроме того, воздействие на отрасль будет оказывать экономическая ситуация в странах – чем быстрее будет развиваться экономика, тем больше энергоресурсов будет потребляться.

В контексте климатической повестки ряд стран прилагают усилия по снижению выбросов CO<sub>2</sub>, что может ограничить потенциал роста потребления традиционных энергоресурсов. Многие

европейские государства планируют достигнуть углеродной нейтральности к 2050 году. В то же время страны АТР в большей степени не так категорично настроены в отношении углеводородов. Например, Китай для повышения энергетической безопасности в ближайшие годы продолжит наращивать внутреннее производство ископаемых видов топлива, в том числе нефти.

По предварительным прогнозам, в 2040 г. спрос на нефть в различных сценариях составит 74–114 млн б/с (по сравнению со 100 млн б/с в 2019 г.). Цена на нефть к 2050 г. в реальных величинах (то есть в ценах 2019 г.) окажется в пределах 40–70 долларов за баррель в зависимости от сценария.

В базовом сценарии, который предполагает сохранение текущих трендов государственной политики, технологий и потребительских привычек, к 2040 году более 70 % энергобаланса будет приходиться на ископаемые виды топлива. При этом наиболее реалистичные прогнозы говорят о том, что в сопоставимых с текущим днем объемах нефть будет востребована в мире как минимум ближайшие 10–15 лет, в целом же горизонт потребления нефти уходит за 2050 год.

Добыча нефти на выработанных месторождениях

Источник: rockwellautomation.com




---

**Наиболее реалистичные прогнозы говорят о том, что нефть будет востребована в мире как минимум ближайшие 10–15 лет, в целом же горизонт потребления нефти уходит за 2050 год**

---

Наиболее перспективным направлением использования нефтяных ресурсов останется нефтехимия – это второй по величине и значению сегмент потребления нефтепродуктов после автомобильного транспорта. Доля последнего в спросе на нефтепродукты будет постепенно снижаться при одновременном росте опережающими темпами нефтехимической отрасли по сравнению с мировым ВВП. В ближайшие 15 лет спрос на продукты нефтехимии будет расти до 4 % в год.

В этой связи усилия России как ведущего игрока на этом рынке должны быть сосредоточены на сохранении востребо-



**В 2021 году добыча нефти и конденсата прогнозируется около 522–524 млн тонн, экспорт – более 230 млн тонн, первичная переработка – на уровне 282,8 млн тонн, экспорт – более 230 млн тонн**

ванности наших нефтяных ресурсов, для чего предстоит работать над повышением эффективности использования нефти, технологической оснащенностью, обеспечением максимальной декарбонизации отрасли, а также над развитием нефтехимического сектора экономики.

### Потенциал российской нефтяной отрасли

Нефтяная отрасль страны продолжает служить надежной опорой экономики России, обеспечивая значительную часть экспорта и налоговых поступлений в бюджет.

Сегодня уже можно сказать, что российской нефтяной промышленности удалось пройти пик сокращения добычи и спроса в кризисный период пандемии. Отрасли удалось сохранить инвестиции и тем самым обеспечить возможность восстановления производства и дальнейшего развития сектора без потери доли рынка.

По итогам 2021 года добыча нефти и газового конденсата прогнозируется около 522–524 миллионов тонн, экспорт – более 230 млн тонн, первичная переработка – на уровне 282,8 млн тонн (в 2020 году было 274,8). В этом году суммарно по ВИНК мы ожидаем около 1400 млрд руб. инвестиций в секторе upstream, что на 7,6 % больше, чем годом ранее и на 5,5 % больше, чем в допандемийном 2019 году.

К апрелю-маю 2022 года мы планируем восстановить добычу до допандемийного уровня. По итогам 2022 года добыча жидких углеводородов предполагается на уровне 540–560 млн т, в 2023 году – на уровне до 542–562 млн т. То есть в ближайшие

годы мы ожидаем увидеть тенденцию к увеличению добычи нефти.

В современных условиях при планировании стратегии развития нефтяной отрасли России необходимо ориентироваться на несколько ключевых факторов. В первую очередь, это скорость восстановления мировой экономики от последствий COVID-19, что напрямую влияет на ситуацию на мировом рынке нефти. Во-вторых, темпы реализации климатической повестки и степень фактического отказа от традиционных источников энергии.

Сложность заключается в том, что все существующие прогнозы развития этих сценариев очень вариативны, соответственно, степень их влияния на отрасль находится в достаточно широком диапазоне. Однако мы исходим из того, что в ближайшее время нефть останется гарантом надежного энергетического, инфраструктурного, инвестиционного обеспечения инновационного развития экономики нашей страны и продолжит занимать значительную долю экспортной продукции. В этой связи мы определили стратегические направления развития отрасли.

В первую очередь, это поддержание уровня добычи и повышение коэффициента извлечения нефти на действующем фонде месторождений традиционных регионов нефтедобычи. К этой категории, прежде всего, относится Западная Сибирь, где сосредоточено более 60 % от всех нефтяных запасов

РН-Пурнефтегаз

Источник: @RosneftRu / Twitter.com



Ванкорское месторождение

Источник: zmk-osnova.ru

страны, а также Волго-Уральский регион. Перспективным направлением для полного раскрытия ресурсной базы этих провинций может стать доразведка уже открытых месторождений, а также освоение запасов сверхвязкой нефти и трудноизвлекаемых запасов нефти, для чего, в частности, запущен федеральный проект по ТРИЗ.

В целом по стране запасами нефти на сегодняшний день располагают 37 субъектов шельфа семи морей. Что касается освоения новых нефтяных кластеров, наиболее масштабным проектом в этом направлении является «Восток Ойл» с потенциальной ресурсной базой более чем в 2 млрд тонн высококачественной малосернистой нефти на новых не разрабатываемых участках. Проект компании «Роснефть» предполагает как комплексное освоение нефтяных месторождений в Красноярском крае – Ванкорского кластера (месторождения Ванкорское, Сузунское, Лодочное, Тагульское, Ичемминское), так и Западно-Иркинского и Пайхской группы месторождений Восточно-Таймырского кластера. Ресурсная база проекта позволяет добывать более 50 миллионов тонн нефти в год. Нефть будет экспортироваться как в западном, так и в восточном направлении. Особое внимание при реализации проекта уделяется экологической безопасности.

Высока вероятность, что в перспективе до 2035 года произойдет структурная

перестройка добычи нефти с ростом значимости Арктической зоны как основного региона производства углеводородов. Поэтому значительные перспективы мы связываем с добычей трудноизвлекаемой нефти, без активизации освоения которой производство жидких углеводородов в России к 2035 году может снизиться (то есть без учета потенциального ввода блуфилдов – месторождений, разработка которых в текущих макроэкономических и технологических условиях пока нерентабельна).

На долю трудноизвлекаемых запасов приходится не менее 17 % от запасов нефти России. При этом общий объем дополнительной добычи ТРИЗ достигает 45 млн т к 2030 году. В свою очередь, это может способствовать дополнительным доходам для бюджетной системы в 200–250 млрд рублей в год, формированию рынка российских технологий добычи ТРИЗ в 200 млрд рублей в год, а также созданию тысяч новых рабочих мест.

Основной потенциал прироста запасов нефти континентального шельфа связан с недрами арктических морей. Общие ресурсы углеводородов арктического шельфа оцениваются в 83 млрд т у. т. Из них около 80 % приходится на долю Баренцева и Карского морей, где находятся все 28 морских месторождений углеводородов, открытых на сегодняшний день.

Важно, что российская нефтяная промышленность имеет объективные конкурентные преимущества на мировом рынке – мощную ресурсную базу и развитую инфраструктуру. Себестоимость производства углеводородов в России – одна из самых низких в мире. Более 50 % российской добычи остается конкурентоспособной даже при цене на нефть в пределах 20–25 долларов за баррель. Таким образом, Рос-

**В этом году суммарно по ВИНК мы ожидаем около 1400 млрд руб. инвестиций в секторе upstream, что на 7,6 % больше, чем годом ранее и на 5,5 % больше, чем в допандемийном 2019 году**



сия максимально долго сможет сохранять спрос на свои нефтяные ресурсы, а при определённых сценариях – даже увеличить долю на мировых рынках ископаемых топлив.

### Налоговая политика в нефтяной отрасли

Для сохранения потенциала и конкурентоспособности России в нефтяной отрасли необходима грамотная налоговая политика. В настоящее время для стимулирования добычи нефти существует целый ряд мер, в том числе льготы по НДС



Плавучее нефтехранилище «Умба»  
Источник: avto.goodfon.ru

и налог на дополнительный доход, который учитывает специфику каждого конкретного месторождения. Пилотные проекты стартовали в 2019 году.

По итогам первого года добыча нефти на участках недр, вошедших в пилотные проекты, увеличилась на 2,9 млн т в год, в том числе на отдельных месторождениях более чем на 10 % г/г, общие капитальные вложения выросли более чем на 110 млрд руб.

Изначально налогом могли воспользоваться четыре группы месторождений – новые месторождения в Восточной и Западной Сибири, месторождения с высокой степенью выработанности, а также месторождения, пользующиеся льготой по экс-

портной пошлине. Теперь введена пятая группа по налогу на дополнительный доход от добычи углеводородного сырья, куда попали новые арктические участки недр. Выделение таких проектов в отдельную группу, на наш взгляд, повысит их экономическую привлекательность и приведет к росту доли добычи на шельфе.

После получения окончательных расчетов экономической эффективности режима НДС с точки зрения баланса интересов недропользователей и доходов федерального бюджета, периметр действия этой налоговой системы планируется расширять за счет перевода на нее большего числа месторождений, которые пользуются в настоящее время разрозненными льготами на добычу полезных ископаемых. Переход на режим НДС станет хорошим решением для обеспечения экономической эффективности добычи высоковязкой и сверхвязкой нефти. Аналогичные предложения рассматриваются в отношении высокообводненных запасов и ряда категорий трудноизвлекаемых ресурсов.

Системообразующим условием эффективного развития нефтяной отрасли России и выполнения поставленных перед ней целей мы видим поддержание устойчивой, комплексной и гибкой системы государственного регулирования. Поэтому в перспективе НДС может стать основным налоговым режимом для нефтедобычи, что сократит до минимума необходимость вмешательства со стороны регуляторов в налоговую систему нефтедобывающей отрасли.

### Развитие отечественных технологий для нефтяной отрасли

Сегодня усилия государства и компаний сосредоточены на достижении максимально возможного и при этом экономически эффективного импортозамещения важнейших для отрасли технологий и оборудования, а также внедрении собственных инновационных решений.

До 2024 года определено 24 приоритетных технологических направления импортозамещения в нефтяной отрасли, по большей части из которых производство уже осуществляется, либо же оно находится на стадии освоения.

Для повышения эффективности добычи на традиционных месторождениях внедряются более совершенные технологии нефтеотдачи пластов, в том числе применяются третичные методы. Сегодня КИН таких категорий месторождений составляет порядка 30 %. Потенциально мы планируем увеличить КИН до 40 % в течение ближайших 15 лет.

Ведется работа над развитием отечественной технологии бурения скважин различных типов как на море, так и на суше,

гическую независимость от импортного оборудования, а в последствии сформирует задел для экспорта высокотехнологичного оборудования для ТЭК с высокой добавленной стоимостью.

Ключевые направления развития в области транспортировки нефти и нефтепродуктов связаны с необходимостью расширения специализированного судостроения для освоения шельфовых месторождений и развития грузоперевозок по Северному морскому пути, прокладки трубопроводов



Морской терминал КТК, Новороссийск

Источник: spc-online.ru

в том числе вертикальных поисково-оценочных и разведочных скважин, а также наклонно-направленных, многозабойных скважин.

Ставим себе приоритетом запараллеливание разведочных и добычных функций буровых работ, то есть проводить проектирование разведочных скважин таким образом, чтобы при обнаружении запасов нефти их можно было перевести в добычные. Это особенно важно для труднодоступных территорий с высокой стоимостью буровых работ.

Для реализации потенциала добычи ТРИЗ продолжается создание российских экономически эффективных технологий добычи трудноизвлекаемых запасов. На первом этапе это обеспечит техноло-

в сложных природно-климатических условиях.

Особое значение для инновационного развития нефтяной отрасли имеет роботизация и цифровизация. Например, проекты «Интеллектуальная скважина» и «Интеллектуальное месторождение» показали возможность снижения операционных затрат при разработке месторождений на 15–20 %.

Внимание также уделяется разработке программного обеспечения для проведения геологического 2D и 3D-моделирования, интерпретации данных сейсморазведки и геофизических исследований скважин.

Начинает свое развитие в нефтегазовой отрасли рынок аддитивных технологий, то есть 3D-печать. Такие технологии





Первая солнечная электростанция «Газпром нефти»

Источник: «Газпром нефть»

будут особенно востребованы в контексте Индустрии 4.0. Мировой рынок аддитивных технологий с 45 млн долларов в 2016 году уже вырос до 322 млн долларов по итогам 2020 года. Ожидается, что к 2027 году этот сегмент достигнет почти 2 млрд долларов. Российские компании также начали использовать детали, отпечатанные на 3D-принтерах в производстве. По заказу «Газпром нефти» на промышленном 3D-принтере уже изготовлены первые партии деталей для установки на ледоколе «Андрей Вилькицкий», а также на трех бункеровщиках.

### Декарбонизация и повышение энергоэффективности нефтяной отрасли России

Трансформация энергетического сектора стала драйвером для движения российских энергетических компаний в сторону повышения энергоэффективности своей деятельности.

Ежегодный рост энергоэффективности нефтяных компаний в России составляет порядка 1–2,5 % в год. В качестве положительного примера можно привести компанию «Роснефть», которая улучшила свои показатели энергоэффективности в 2018–2019 гг. сразу на 14 %, то есть в несколько раз превысила средние показатели.

В целом за последние 4 года кардинально изменилась ситуация с рациональным

использованием попутного нефтяного газа. Нефтяники стали больше инвестировать в этот сектор, в связи с чем утилизация ПНГ в отдельных компаниях доведена до 95 % и выше.

Наряду с ведущими мировыми корпорациями российские компании выдвинули средне- и долгосрочные инициативы по снижению углеродного следа. В качестве первостепенной задачи по декарбонизации компании выделяют снижение уровня планового сжигания на факелах и увеличение доли рационального использования попутного нефтяного газа.

Компания «Роснефть» намерена предотвратить выбросы 20 млн т CO<sub>2</sub>-экв. к 2035 году, сократить интенсивность выбросов в разведке и добыче на 30 %. Объем «зеленых» инвестиций компании в 2018–2022 гг. достигнет 7 % от ежегодных капитальных затрат (около 300 млрд руб.).

«Газпром нефть» поставила цель по достижению уровня использования ПНГ в размере не менее 95 % к 2022 году. «Татнефть» заявила о достижении углеродной нейтральности к 2050 году, а также снижении выбросов CO<sub>2</sub> на 10 % к 2025 г. и на 20 % к 2030 г.

«ЛУКОЙЛ» также разделяет амбиции по углеродной нейтральности к 2050 г. в части прямых выбросов при производстве, а также источников потребления энергии. Компания по итогам 2021 года планирует снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на 5 % относительно 2018 г.

Кроме того, компании активно используют СПГ и возобновляемые источники энергии для энергоснабжения промышленных объектов нефтяной отрасли, особенно удаленных, а также работают над системами хранения углерода. Например, «ЛУКОЙЛ» развивает производство гидро-, ветровой и солнечной энергии для обеспечения собственных нужд, а также поставок в энергосистему. Один из проектов по коммерческой генерации электроэнергии с помощью ВИЭ уже реализован на одном из объектов компании в Волгограде.

«Газпром нефть» установила солнечную электростанцию на Омском НПЗ для обеспечения электроэнергией комплекса административных зданий. На объектах «Татнефти» используются солнечные панели и пеллетное топливо. Компания расширяет использование ВИЭ в основном за счет применения солнечных панелей на АЗС (в частности, в Краснодарском крае), применения и развития тепловых насосов, малой гидроэнергетики и ветроэнергетических установок.

Российские нефтяные компании осуществляют активную политику в сфере повышения эффективности землепользования и высадки лесов – одного из наиболее значимых поглотителей углекислого газа.

**К апрелю-маю 2022 г. мы восстановим добычу до допандемийного уровня. По итогам 2022 г. добыча жидких углеводородов предполагается на уровне 540–560 млн т, в 2023 году – до 542–562 млн т**

Сегодня мы можем говорить о том, что российские нефтяные компании наравне с ведущими мировыми гигантами отрасли стремятся к применению самых передовых технологий, демонстрируют высокий уровень экологической ответственности, готовность к диалогу и сотрудничеству в контексте декарбонизации.

Все это дает основание России чувствовать себя уверенно на глобальном нефтяном рынке. В конечном итоге российская нефть имеет все возможности остаться важной составляющей будущего энергобаланса не только России, но и мира.

Солнечные панели на АЗС «ЛУКОЙЛ» в Красной Поляне в Сочи

Источник: [neftregion.ru](http://neftregion.ru)



# Постковидное восстановление экономики и энергетики

## Post-Covid economic and energy recovery

Александр ШИРОВ  
Директор ИНП РАН, ведущий научный  
сотрудник экономического факультета МГУ,  
д. э. н., член-корреспондент РАН  
e-mail: schir@ecfor.ru

Aleksandr SHIROV  
Director at the Institute of Economic Forecasting of the  
Russian Academy of Sciences, Leading Researcher of the  
Economic Faculty at the Lomonosov Moscow State University,  
Doctor of Economics, Corresponding Member of RAS  
e-mail: schir@ecfor.ru

Михаил ГУСЕВ  
Заведующий лабораторией ИНП РАН, к. э. н.  
e-mail: m.gusef@mail.ru

Michail GUSEV  
Head of Laboratory at the Institute of Economic Forecasting  
of the Russian Academy of Sciences, Ph.D.  
e-mail: m.gusef@mail.ru

Андрей КОЛПАКОВ  
Старший научный сотрудник, к. э. н.  
e-mail: ankolp@gmail.com

Andrei KOLPAKOV  
Senior Researcher at the Institute of Economic Forecasting  
of the Russian Academy of Sciences, Ph.D.  
e-mail: ankolp@gmail.com

Шанхай, Китай

Источник: RobertWay / Depositphotos.com



Аннотация. В статье рассматриваются различные аспекты развития энергетики после острой фазы пандемического кризиса. Показано, что страны с высокой зависимостью от доходов энергетического кризиса перенесли двойной удар от сокращения экономической активности в период локдауна и уменьшения спроса на энергоносители на мировом рынке. В то же время энергетический сектор на мировых рынках пострадал меньше, чем производители сложной конечной продукции. Рост цен на мировых рынках, спровоцированный дисбалансом спроса и предложения, несет для энергетического сектора как возможности увеличения доходов, так и рост издержек, в том числе и на инвестиционное оборудование. Восстановление мировой экономики в целом создаёт благоприятные условия для развития российской энергетики, спрос на продукцию которой на горизонте ближайших 10–15 лет останется устойчивым. Констатируется, что главной тенденцией в процессе декарбонизации мировой экономики станет перевод ряда технологий на электроэнергию, что будет способствовать росту эластичности электропотребления по отношению к росту ВВП.

*Ключевые слова:* пандемический кризис, экономический рост, энергетика, энергопереход, электропотребление.

Abstract. The article discusses various aspects of energy development in the period after the acute phase of the pandemic crisis. It is shown that countries with a high dependence on income from the energy crisis suffered a double blow from a reduction in economic activity during the lockdown period and a decrease in demand for energy on the world market. At the same time, the energy sector in world markets has suffered less than manufacturers of complex end products. The rise in prices on world markets, provoked by an imbalance of supply and demand, brings both opportunities for the energy sector to increase revenues and increase costs, including for investment equipment. The recovery of the global economy as a whole creates favorable conditions for the development of Russian energy, the demand for whose products will remain stable over the next 10–15 years. It is stated that the main trend in the process of decarbonization of the world economy will be the transfer of a number of technologies to electricity, which will contribute to an increase in the elasticity of electricity consumption in relation to GDP growth.

*Keywords:* pandemic crisis, economic growth, energy, energy transition, electricity consumption.

### Энергетика в период пандемии

Кризис, связанный с пандемией коронавируса COVID-19, стал серьезным вызовом для всего человечества и потребовал экстраординарных мер по борьбе с его последствиями как на национальном, так и на международном уровне [1]. Главной особенностью антикризисной политики, проводившейся в 2020 г., стало то, что мотивация при принятии решений, как правило, носила не только экономический характер. Правительства ведущих стран мира были вынуждены выбирать между здоровьем граждан и поддержанием устойчивости экономической системы [2].

Ограничительные меры, принятые властями по всему миру, стали серьезным шо-

# //

**По мере отмены  
локдаунов в большинстве  
стран мира спрос,  
вопреки ожиданиям,  
стал восстанавливаться  
не плавно,  
а скачкообразно**



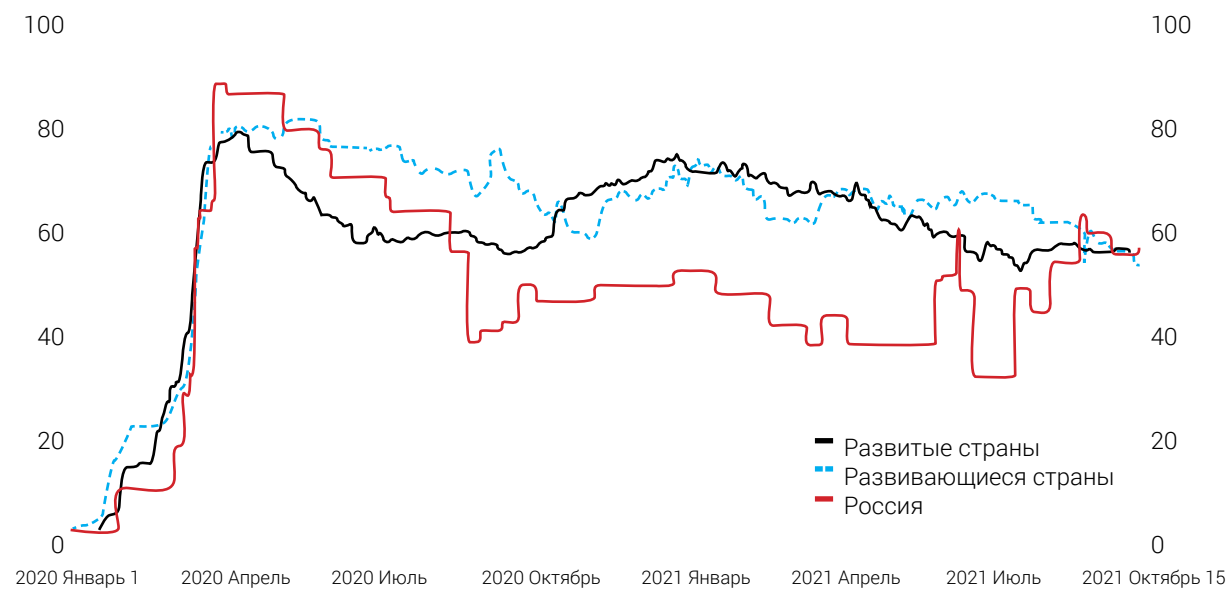


Рис. 1. Интенсивность ограничительных мер, 100 – наиболее сильные ограничения

Источник:  
University of Oxford

ком для большинства рынков (рис. 1). Непосредственным образом была затронута и энергетика. Электроэнергию потребляют все отрасли экономики, поэтому снижение спроса на энергетические ресурсы носило фронтальный характер и усиливалось по мере вхождения экономики в пандемический кризис.

Первые признаки обвала спроса на энергетические ресурсы в мировой экономике наметились уже в феврале 2020 г., когда стала отчетливо видна тенденция к снижению объема пассажирских авиаперевозок. Например, по данным Министерства энергетики США, в марте 2020 г. спрос на авиационный керосин был примерно на 19 % ниже, чем в марте 2019 г. После введения в большинстве крупных

**Анализ показывает, что во время пандемии снижение спроса в натуральном выражении на конечную, в частности, машиностроительную продукцию, было куда более масштабнее, чем на энергию**

экономик мира локдаунов спад спроса на авиационное топливо в США в апреле составил уже более 60 %. Анализ данных компании Apple (COVID-19 – Mobility Trends Reports) показывает, что к апрелю 2020 г. уровень автомобильной активности в США по отношению к январю снизился более чем на 60 %.

Для стран, в которых энергетический сектор является важнейшим источником доходов, пандемия нового коронавируса означала двойной удар. Первый был связан с ростом заболеваемости населения и связанными с этим ограничениями экономической активности. Второй – со снижением экспорта энергоресурсов и нарастанием ограничений в бюджетной сфере. Соответственно, экспортеры углеводородов были вынуждены не только бороться с последствиями пандемии, но и решать задачу, связанную с резким сжатием внешнеэкономических доходов. Реакцией крупнейших производителей нефти стало заключение сделки ОПЕК+, которая позволила стабилизировать цены на нефть уже в первом полугодии 2020 г.

Необходимо отметить, что, несмотря на существенное снижение спроса на углеводороды, российская энергетика вновь выступила в роли важнейшего защитного механизма для экономики России [3]. Анализ изменения торговых потоков в мировой экономике в 2020 г. показывает, что,

как и в период мирового экономического кризиса 2008–2009 гг., снижение спроса в натуральном выражении на конечную, в частности машиностроительную продукцию, носило куда больший масштаб, чем на энергию.

Особенностью пандемического кризиса стала беспрецедентно высокая скорость восстановления спроса. Сам факт реализации отложенного спроса не является чем-то удивительным – уже на начальных этапах введения повсеместных локдаунов было понятно, что по мере стабилизации ситуации спрос начнет расти. Однако бизнес, эксперты и государственные структуры недооценили масштаб восстановительного роста.

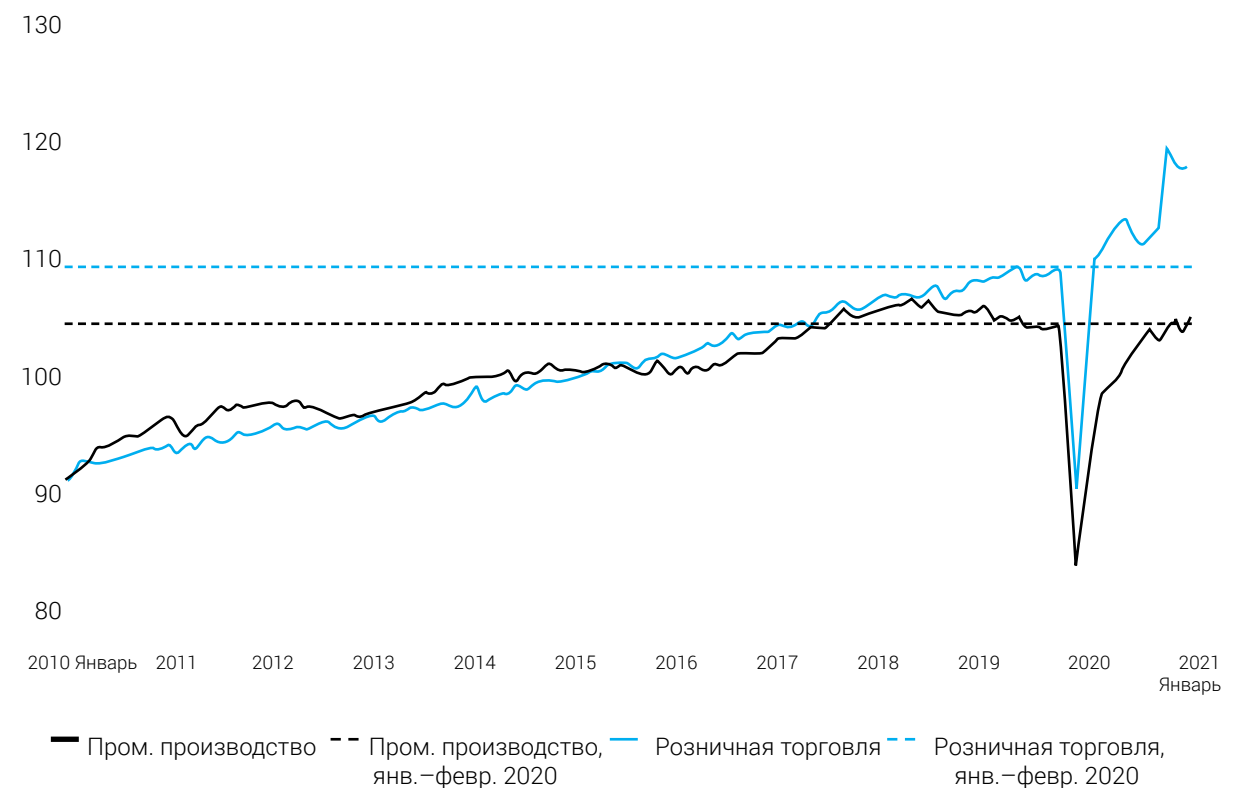
В отличие от классического кризиса мы столкнулись фактически с полным замораживанием торговли товарами длительного пользования, недвижимостью; радикальным снижением спроса на услуги туристического сектора, транспорта. На фоне произошедшего сжатия формировались и корректировались планы производственных и торговых компаний, а также сокращались запасы продукции.

**Эта «гонка за спросом» привела к дисбалансам и дефицитам на многих товарных рынках и стала одним из ключевых факторов начала ценового ралли, в том числе на рынках энергии и сырья**

По мере отмены локдаунов в большинстве стран мира спрос, вопреки ожиданиям, стал восстанавливаться не плавно, а скачкообразно. Основным стимулом стали накопившиеся и не использованные доходы населения. В результате возникла ситуация постоянного превышения спроса над предложением, поддержанная к тому же мерами фискального и монетарного регулирования со стороны крупнейших стран мира (рис. 2).

Рис. 2. Промышленное производство и розничная торговля в странах ОЭСР, Индекс, 2015 = 100; сезонность устранена

Источник:  
ОЭСР





**Ожидается, что по итогам 2021 г. мировая экономика превысит уровень 2019 г. на 2,6%. При этом рост экономики США и Китая относительно 2019 г. составит 2,4% и 10,6% соответственно**

Эта «гонка за спросом» привела к дисбалансам и дефицитам на многих товарных рынках и стала, среди прочего, одним из ключевых факторов начала ценового ралли. В том числе на рынках энергии и сырья. Соответственно, балансировка спроса и предложения является одним из условий остановки посткризисного роста цен на мировых рынках. Однако это может быть остановка на новых (отличных от наблюдаемых в предыдущие несколько лет) ценовых уровнях.

В целом восстановление мирового ВВП на уровень докризисных значений заняло примерно 1 год, что, конечно, может рассматриваться как очень быстрый выход из кризиса. Безусловно, в мировой экономике сохраняется масса дисбалансов, вызванных активными антикризисными мерами, принимавшимися правительствами

крупнейших стран. Эти проблемы, прежде всего стремительное накопление долгов, еще дадут о себе знать в среднесрочной перспективе. Однако, в целом можно сказать, что результаты реагирования властей на пандемию продемонстрировали возросшие возможности современной государственной контрциклической политики.

Ожидается, что по итогам 2021 г. мировая экономика превысит уровень 2019 г. на 2,6%<sup>1</sup>. При этом рост экономики США и Китая относительно 2019 г. составит 2,4% и 10,6% соответственно. Рост мирового выпуска выше предкризисных уровней невозможен без сопоставимого увеличения потребления энергии, в том числе углеводородов.

### Энергетика на выходе из кризиса

Для российской экономики важно, что рост цен на сырье будет с высокой степенью вероятности компенсирован увеличением цен на конечную импортную продукцию, в том числе на машины и оборудование, потребляемые российской экономикой и энергетикой. Таким образом общий рост цен, при условии сохранения зависимости от импорта, в полной степени не позволит реализовать возможности, связанные с увеличением доходов от экспорта энергоносителей.

<sup>1</sup> Прогноз МВФ, октябрь 2021 г.

Цена на бензин и дизельное топливо в Сан-Диего

Источник: MichaelVi / Depositphotos.com

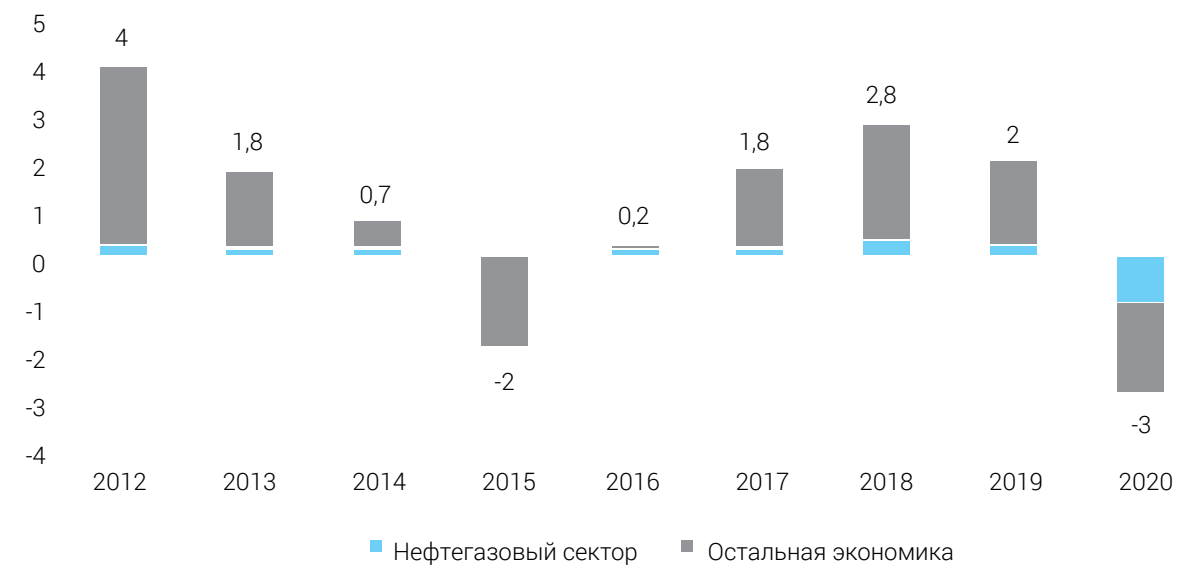


Рис. 3. Прямой вклад нефтегазового сектора в формирование экономической динамики

Источники:  
Росстат, оценки ИНП РАН

В целом, рассматривая влияние энергетического сектора на экономическую динамику последних лет, можно сделать два вывода, принципиально важных с точки зрения формирования экономической политики.

Первый состоит в том, что нефтегазовый сектор потерял роль драйвера экономической динамики. На рис. 3 показан прямой вклад нефтегазового сектора (добыча нефти и газа, производство нефтепродуктов) в формирование динамики ВВП. Ни в периоды экономического роста, ни в периоды кризисов вклад этого важнейшего сектора в формирование темпов экономической динамики не может быть признан значительным. Только в «ковидный» 2020 год (в период обвального падения мирового спроса на углеводороды) вклад нефтегазового сектора в снижение уровня экономической активности составил около 1 процентного пункта или примерно 30%.

Таким образом, при сложившейся структуре российской экономики нефтегазовый сектор уже не может обеспечить опережающие (по отношению к другим ее элементам) темпы роста, а его доля в структуре формирования ВВП не может существенно увеличиться.

Второй вывод состоит в том, что, несмотря на слабое влияние на динамические характеристики развития экономики, нефтегазовый сектор остается важнейшим элементом формирования качества эконо-

мического роста. Сегодня на первый план выходят эффекты косвенного характера, когда нефтегазовый сектор способствует позитивному развитию других секторов экономики.

Так, прямой вклад нефтегазового сектора в формирование ВВП в 2020 г. оценивается в 9,8%; вклад в формирование ВВП со стороны инвестиционного спроса отрасли дает еще 4,2%; операционное функционирование отрасли формирует спрос на продукцию смежных производств, что добавляет еще 4,3% в формирование ВВП; наконец, перераспределение первичных доходов, формируемых в нефтегазовом секторе, обеспечивает еще примерно 6,5% совокупного роста российского ВВП. Итого, с учетом комплекса межотраслевых и бюджетных взаимодействий, существующих в современной

**Если сегодня азиатский рынок обеспечивает 38% мирового потребления жидкого топлива, 23% – природного газа, 80% – угля, то через 15 лет данные показатели вырастут до 42%, 37% и 82%**



	2010	2020	2035
Потребление углеводородов в мире, ЭДж	438	463	462
Нефть	173	174	174
Природный газ	114	138	171
Уголь	151	151	116
Потребление углеводородов в Азии, ЭДж	179	219	232
Нефть	56	67	73
Природный газ	21	31	63
Уголь	102	121	96
Доля Азии в мировом потреблении углеводородов	41%	47%	50%
Нефть	32%	38%	42%
Природный газ	18%	23%	37%
Уголь	68%	80%	82%
Экспорт углеводородов из России			
Нефть и нефтепродукты, млн т	380	375	425
Природный газ, млрд кубометров	191	257	350
Уголь, млн т	117	200	236

Таблица 1. Показатели мирового потребления углеводородов и их экспорта из России в сценарии выполнения Парижского соглашения

Источники:  
ВР, оценки ИНП РАН

российской экономике, вклад нефтегазового сектора в формирование ВВП с учетом всего комплекса прямых и косвенных эффектов составляет около 25 %.

Ключевой вопрос для экономической политики – как должны использоваться возможности энергетического сектора России в средне- и долгосрочной перспективе?

### Перспективы развития сырьевых рынков

Основные тенденции в мировой экономике, которые кажутся определяющими и для нашей страны, связаны с исчерпанием потенциала масштабной глобализации и происходящим энергетическим переходом. С учетом того, что оба фактора находятся в своей начальной стадии, у России есть время и возможность эффективно реагировать на них мерами экономической политики.

По нашим оценкам, процессы регионализации мировой экономики будут фрагментировать спрос на ключевые товары и энергию вокруг крупных интеграционных объединений. Для России это означает, что изменение направлений поставок энергоносителей будет ориентировано преимущественно на рынки быстро растущих регио-

нальных объединений. И если, например, на европейском рынке перспективы угля выглядят достаточно слабыми, то на рынках Юго-Восточной Азии можно ожидать хоть и небольшого, но роста спроса.

Глобальный энергопереход, подстегиваемый мерами международной климатической политики, является важнейшим фактором структурных сдвигов на мировых рынках энергоресурсов (да и другой продукции) [4]. Если все страны добьются успеха при достижении обозначенных ими целей в рамках Парижского соглашения, совокупное мировое потребление углеводородов в 2035 году окажется на уровне кризисного 2020 года (таблица 1). Безусловно,

**В мировой экономике сохраняется масса дисбалансов из-за антикризисных мер. Эти проблемы, прежде всего стремительное накопление долгов, еще дадут о себе знать в среднесрочной перспективе**

**Только в «ковидный» 2020 г. при обвальном падении мирового спроса на нефть вклад нефтегазового сектора в снижение экономической активности составил около 1 процентного пункта или 30 %**

это колоссальный вызов, и российский ТЭК должен на него взвешенно реагировать.

Спрос будет интенсивно смещаться в азиатский регион. Если сегодня он обеспечивает 38 % мирового потребления жидких топлив, 23 % – природного газа, 80 % – угля, то через 15 лет данные показатели вырастут до 42 %, 37 % и 82 % соответственно. Мировое потребление нефти будет проходить свой (вероятно, продолжительный) пик и находиться на современном уровне, а вот весь спад спроса на уголь будет отыгран наращиванием потребления природного газа. Российские углеводороды являются высоко конкурентоспособными и должны сохранить значительную нишу на мировом рынке. Этому способствуют низкие затраты на добычу, гибкая

налоговая политика государства в сфере недропользования, наличие надежной инфраструктуры экспортных поставок. Наши оценки показывают, что доля России на мировом энергетическом рынке будет расти, и в перспективе до 2035 г. мы ожидаем параметров производства и экспорта российской нефти выше значений, содержащихся в Энергетической стратегии России на период до 2035 г. (экспорт в 2035 г. на уровне 425 млн т); для природного газа и угля – чуть ниже показателей стратегии (экспорт в 2035 г. на уровне 350 млрд кубометров и 236 млн т соответственно).

В целом среднегодовой темп роста экспорта углеводородов в благоприятном сценарии составит около 1,7 % в период до 2035 г. В условиях ускоренного энергоперехода в мире среднегодовой темп роста экспорта углеводородов из России не превысит 0,5 %.

Тем не менее, важно понимать, что глобальный энергопереход – длинный процесс, который займет продолжительное время [5]. Примеры стремительных изменений вокруг нас (тотальная цифровизация, практически полный переход автомобильного рынка Норвегии на электромобили, динамичное развитие ВИЭ-генерации в странах ЕС) создают впечатление, что перестроить окружающую действительность легко. На деле же такие объекты как мировая экономика и энергетика чрезвычайно инерт-

Башня ЛЭП на озере Кингтай

Источник: chungking / Depositphotos.com





ны. Так, согласно данным Международного энергетического агентства, доля углеводородов в мировом энергопотреблении варьировалась в очень узком диапазоне 80–82 % на протяжении 1990–2019 гг.

Это очень показательный пример, и он демонстрирует, что в ближайшие годы постковидное восстановление энергопотребления будет сопровождаться ростом спроса на углеводороды, создавая возможности для российских энергетических компаний.

## О рынках электроэнергии

На современном этапе развитие экономики сопровождается пропорциональным ростом электропотребления (рис. 4). Безусловно, развитые страны демонстрируют наименьшие уровни эластичности (0,2–0,4), но для развивающихся экономик характерны значения 1–1,4, когда электропотребление растет опережающими темпами по сравнению с их ВВП (индустриализация, рост качества жизни населения, обеспечение энергокомфортности людей).

## Наиболее реальным сценарием развития экономики является сохранение спроса на российские углеводороды еще 10–15 лет. В это время доходы энергосектора должны быть направлены на диверсификацию

Климатическая повестка создает предпосылки для увеличения наблюдаемых сегодня эластичностей электропотребления от экономической динамики. Дело в том, что логика значительной части мер декарбонизации предполагает одновременную электрификацию и «озеленение» структуры генерации. Таким образом, постковидное (и более долгосрочное) развитие мировой экономики интенсифицирует спрос на электроэнергию. Причем наиболее выраженный спрос сосредоточен в развивающихся регионах, которые более лояльны к потре-

блению углеродосодержащих топлив. Снижение углеродоемкости электроэнергии будет достигаться постепенным развитием безуглеродной генерации. В то же время события 2021 года четко продемонстрировали, что ставка на значительную зависимость от ВИЭ при одновременном сворачивании тепловой генерации создают риски для надежности электроснабжения и повышают ценовую волатильность.

Аналогичные процессы следует ожидать и в России, где 29 октября 2021 года утверждена стратегия социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.

На основании анализа опыта сходных с Россией стран Восточной Европы (например, Польши) можно предположить, что и в нашей стране достижимы показатели эластичности электропотребления от ВВП на уровне около 0,2. Тем более, если сделать дополнительные предположения о том, что часть необходимой для повышения энергокомфортности населения энергии будет производиться непосредственно домашними хозяйствами на основе использования солнечных панелей или иных доступных технологий. Однако упомянутые страны Восточной Европы имели такие показатели эластичности на фоне структурного облегчения экономики, связанной со сжатием реального сектора и выбраковкой наиболее энергозатратных производств в ходе встраивания в цепочки добавленной стоимости, контролируемые ведущими европейскими корпорациями.

Перед российской экономикой стоит иная задача: усложнение экономики на базе удлинения цепочек переработки продукции [6]. Это значит, что пусть и с иными характеристиками эффективности, но должны формироваться новые произ-

водства в реальном секторе, а значит параметры эластичности электропотребления по росту экономики скорее всего должны быть выше, чем в развитых странах.

## Выводы

К середине 2021 г. мировая экономика в целом достигла докризисных объемов ВВП, соответственно восстановился и спрос на энергетические ресурсы.

В условиях кризиса российский энергетический сектор потерял значительную часть доходов, но оказал существенную поддержку всей российской экономике.

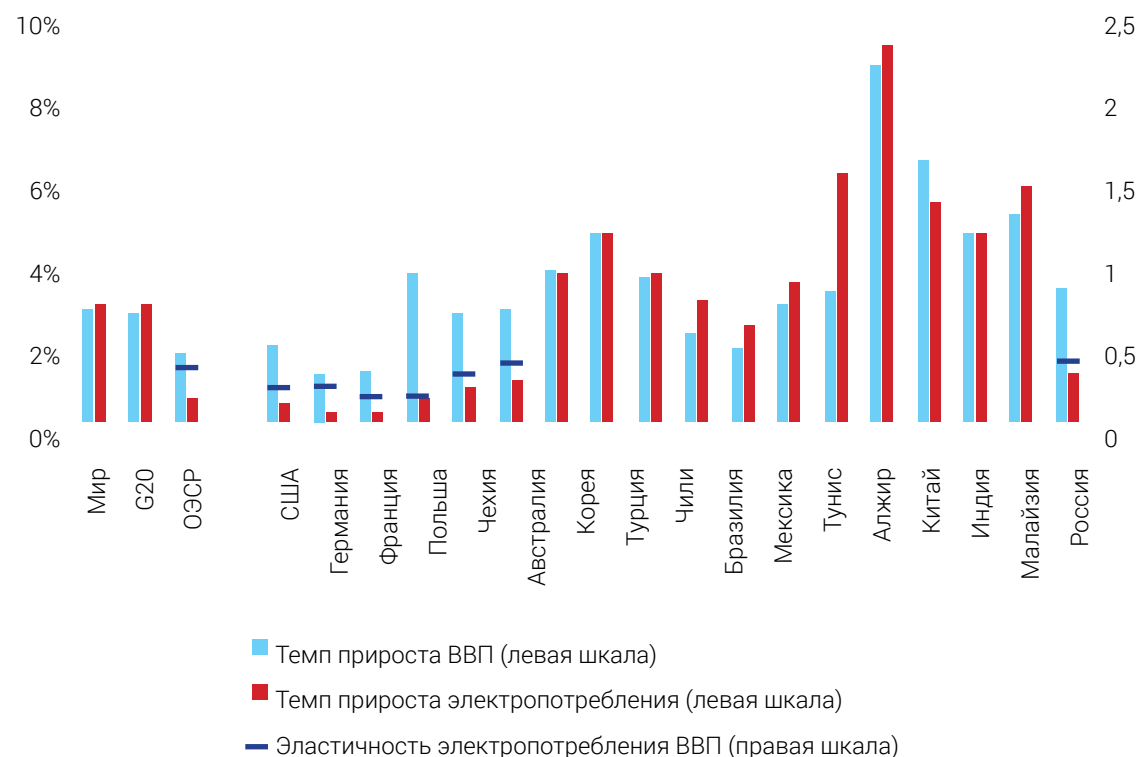
Ключевой тенденцией в мировой экономике стало отставание предложения от спроса, что привело к росту цен и формированию дисбалансов на ряде товарных рынков. В этих условиях рост цен на энергетические ресурсы компенсируется увеличением издержек по другим направлениям. Происходящее можно рассматривать как синхронный переход мировых цен на новые уровни, где произойдет балансировка спроса и предложения.

Наиболее реалистичным сценарием развития мировой экономики является сохранение устойчивого спроса на отечественные углеводороды как минимум на горизонте 10–15 лет. В этот период времени доходы от энергетического сектора должны быть направлены на рост эффективности производства и его диверсификацию бизнеса энергетических компаний.

Ключевые технологии в рамках энергетического перехода направлены на замену ископаемого топлива электричеством. В связи с этим следует ожидать общего по мировой экономике повышения эластичности спроса на электроэнергию от роста ВВП.

Рис. 4. Эластичность электропотребления от ВВП в мире в период 2000–2019 гг.

Источники:  
World Bank, ВР, Росстат



## Использованные источники

1. Мау В. А. Экономика и политика 2019–2020 гг.: глобальные вызовы и национальные ответы // Вопросы экономики. № 3, 2020. С. 5–27.
2. Шилов А. А. Пандемический кризис как вызов экономическому анализу и политике // Проблемы прогнозирования. № 3 (186), 2021. С. 6–17.
3. Акиндинова Н. В., Домбровский М., Шилов А. А., Белоусов Д. Р., Воскобойников И. Б., Гурвич Е. Т. Перспективы восстановления экономического роста в России (по материалам круглого стола в рамках XXI Апрельской международной научной конференции НИУ ВШЭ) // Вопросы экономики. № 7, 2020. С. 5–50.
4. Башмаков И. А. Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики // Вопросы экономики. № 7, 2020. С. 51–74.
5. Порфирьев Б. Н. О «зеленом» векторе стратегии социально-экономического развития России // Научные труды Вольного экономического общества России. № 1, 2021. Т. 227. С. 128–136.
6. Посткризисное восстановление экономики и основные направления прогноза социально-экономического развития России на период до 2035 г. // М.: Наука. 2020. – 152 с.



# Водородная энергетика: как широко, как скоро

## Hydrogen Energy: How Far, How Soon

Александр ЛОПАТНИКОВ

Член наблюдательного совета Института развития технологий ТЭК (ИРТТЭК), управляющий партнер AAR  
e-mail: alopatrikov@aarcapital.com

Alexander LOPATNIKOV

A member of the Supervisory Board of the Institute for Energy Technologies Development (IRTTEK), managing partner AAR  
e-mail: alopatrikov@aarcapital.com

Очевидные изменения климата оборачиваются резкими перепадами погоды

Источник:  
blogs.agu.org



Аннотация. Экономический рост неразрывно связан с доступностью энергии. Последние 100 лет — это энергия углеводородного сырья. С началом 21 века нарастание негативных экстерналий углеводородной модели развития потребовало поиска альтернативных источников и носителей энергии. Один из наиболее перспективных кандидатов - водород. Мы приводим аргументы в пользу того, что переход на в основном водородную энергетику станет переходом к водородной экономике. Потребность в углеводородном сырье сохранится, водород и возобновляемые источники энергии будут развиваться не вместо, а вместе с углеводородным сырьем. Технологические и финансовые факторы определяют, как широко и как скоро произойдет переход к в основном водородной экономике.  
*Ключевые слова:* водородная энергетика, водородная экономика, энергопереход, изменение климата, риски прогнозов.

Abstract. Economic growth and energy are inextricably linked. Over the last hundred years, it has been the energy of hydrocarbons. At the beginning of the 21<sup>st</sup> century, the mainly hydrocarbon model's negative externalities necessitated finding alternative sources and carriers of energy. Hydrogen is the most promising candidate. We argue that the transition to primarily hydrogen energy will become a transition to a hydrogen economy. Hydrogen and renewable sources of energy will not momentarily replace hydrocarbons but complement them. Technological and financial factors will define how far and how soon the transition to primarily hydrogen economy will occur.  
*Keywords:* hydrogen energy, hydrogen economy, hydrogen, energy transition, climate change, forecast risks.



**Наличие энергии само по себе не гарантирует экономического роста, а избыток производимой энергии может быть индикатором неустойчивости**

**Глобальный экономический рост и источники энергии для него**

Обеспеченность энергией — ключевое условие экономического развития общества. Технологическое развитие современной цивилизации позволило за последние 100 лет поднять средний уровень энергообеспеченности на одного человека в эконо-

мически развитых странах примерно в 100 раз [1]. Основным источником энергии для этого роста стало углеводородное сырье (УВС) — уголь, нефть и газ.

Рост энергообеспеченности способствовал значительному увеличению численности населения Земли, повышению мирового ВВП. Неравномерность уровня развития и темпов экономического роста в разных странах хорошо коррелирует с разницей в доступе к энергии.

В какой-то момент энерговооруженность экономики достигает локального максимума и даже начинает снижаться. По данным Columbia University's Center for Global Energy Policy, доля нефти в единице мирового ВВП за период с 1973 года по 2019 снизилась на 56 %, главным образом за счет сокращения ее использования для выработки электроэнергии и повышения эффективности транспорта.

Наличие энергии само по себе не гарантирует экономического роста. Более того, избыток производимой энергии может быть индикатором неустойчивости развития. Появление цифровых технологий также снижает энергоемкость значительной части товаров и услуг, все большее их число производится и потребляется в цифровой форме.

При анализе и прогнозировании энергетического баланса в РФ и ряде других



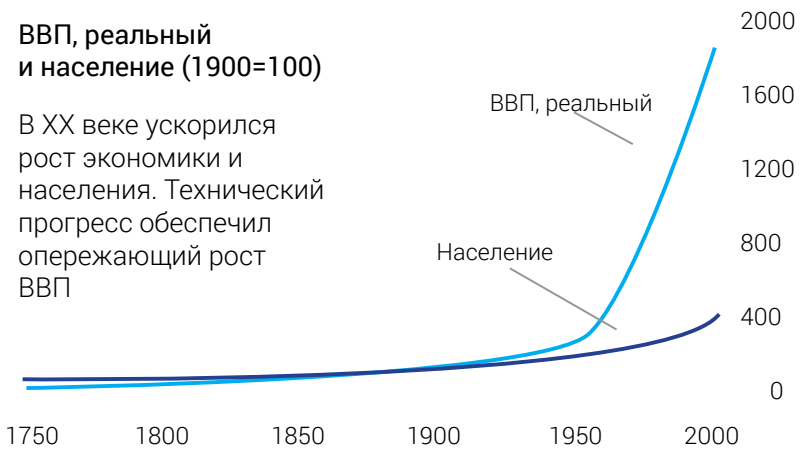


Рис. 1. Рост ВВП и населения в мире с 1750 г.

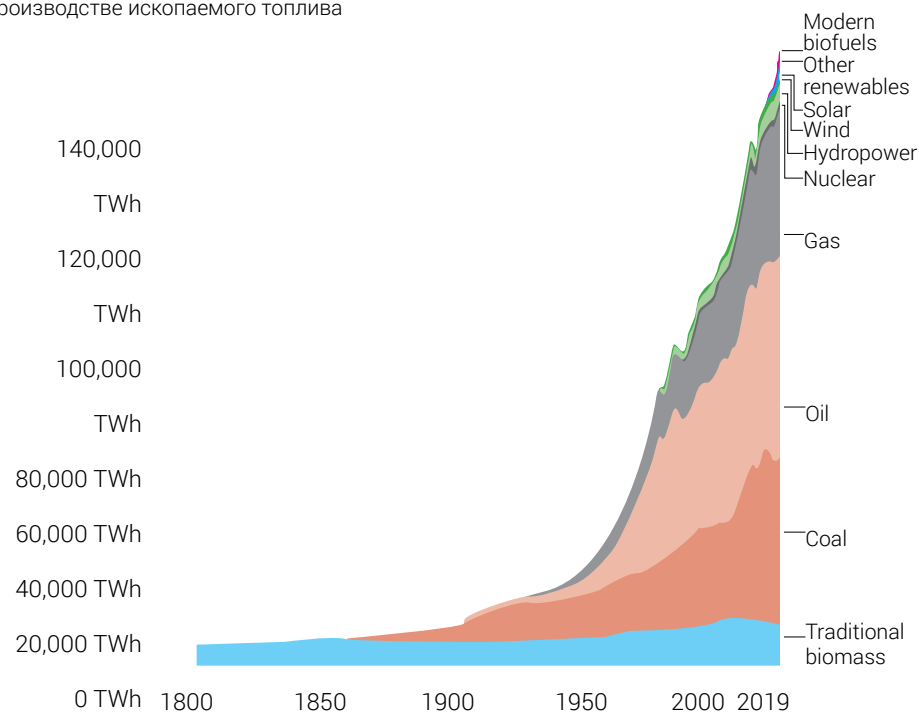
стран – крупнейших поставщиков нефти и газа на мировые рынки, необходимо учитывать долю экспорта углеводородов в ВВП и важность приносимой им валютной выручки. Уточнение приоритетов развития и структуры ВВП способно высвободить значительные объемы экономических ресурсов, но при этом потребует значительных инвестиций. Для нефтедобывающих стран ответ на подобный вопрос является выбором стратегии развития.

Изменения структуры экспорта и даже внутреннего потребления углеводородно-

го сырья могут стать вынужденной мерой при смене парадигмы развития энергетики в мире, так называемого энергетического перехода. С учетом масштаба и глобальности изменений его точнее определять как смену не энергетической, а экономической парадигмы развития.

Правительства разных стран стараются поддержать конкурентоспособность национальных экономик и ускорить их рост за счет доступной энергии. Одновременно они объявляют о намерении соблюсти глобальные цели по декар-

Рис. 2. Прямое потребление энергии в мире без учета потерь при производстве ископаемого топлива



бонизации и обеспечить национальную энергобезопасность, снижая зависимость от импорта УВС и наращивая поставки собственных низкоуглеродных источников энергии [2].

Свою программу энергоперехода формирует и Россия. В 2020 году правительство утвердило энергетическую стратегию РФ на период до 2035 года и ключевые меры по развитию водородной энергетики, в числе которых создание водородных кластеров и пилотных проектов по производству и экспорту водорода. Планируется развитие коммерческих проектов производства водорода. В конце 2020 года был создан консорциум по водородной

личивают накапливающиеся проблемы загрязнения окружающей среды, истощения водных ресурсов, неравномерности экономического развития, отсутствия надежных моделей прогнозирования будущего и недостаточная изученность влияния обратных связей в результате воздействия на окружающую среду.

Рассматривая весь спектр климатических сценариев, от благоприятного до апокалиптического, важно учитывать, что переход к новой экономико-энергетической парадигме не будет одномоментной заменой одного уклада на другой. Даже с учетом быстрого развития технологий производства энергии

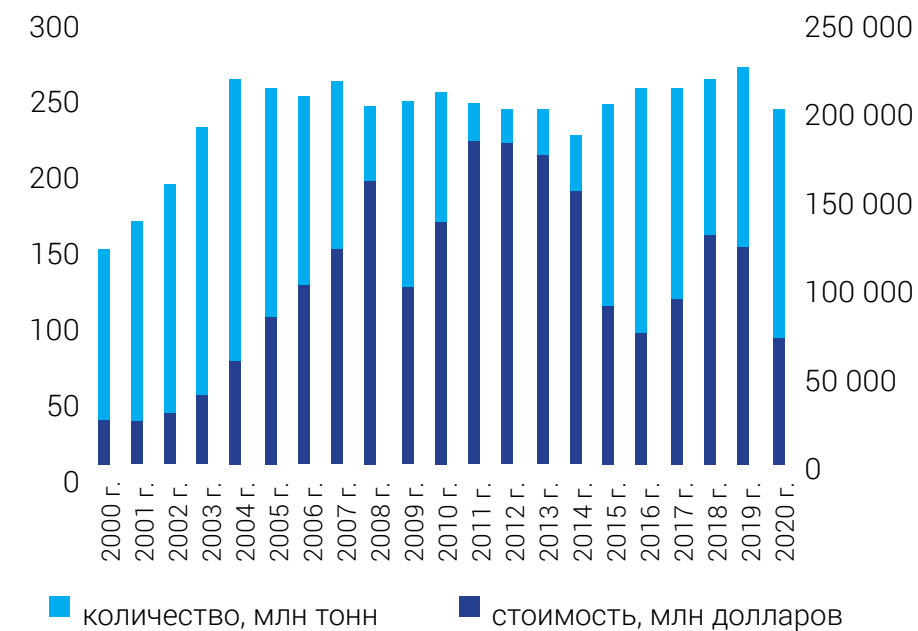


Рис. 3. Экспорт сырой нефти из РФ 2000–2020 гг.

Источник: данные ЦБ РФ

энергетике [3], куда вошли ведущие исследовательские и образовательные организации: ТПУ, Институт катализа СО РАН, Институт проблем химической физики РАН, Институт нефтехимического синтеза РАН, СамГТУ и СахГУ.

Главный триггер для ускорения энергоперехода и поисков новой экономико-энергетической модели развития мировой экономики – изменение климата. Дебаты относительно того, является ли оно антропогенным или, точнее, в первую очередь антропогенным, пока далеки от завершения, однако такое объяснение выглядит все более вероятным. Размер риска уве-

из возобновляемых источников нерешенными остаются вопросы накопления энергии и ее пополнения в случае долгосрочных и негативных изменений климата, которые могут на годы или даже десятилетия менять интенсивность освещенности поверхности Земли или ее значительных частей (взрыв Кракатау в увеличенных масштабах). В таких условиях наиболее реалистичным сценарием выглядит протяженный переход от «в основном углеводородной» экономико-энергетической модели к «в основном малоуглеродной» модели, то есть сценарий «не вместо, а вместе».



## Энергетические циклы и вероятные кандидаты на замену углеводородам

Биологическая эволюция и история человечества неразрывно связаны с энергией солнца. Энергия, потребляемая напрямую, или аккумулированная естественным путем и получаемая из ископаемых источников – все это энергия солнца. Единственное исключение – атомная энергия и энергия термоядерного синтеза, использование которых в качестве источника энергии – инновация человечества.

Фокус на возобновляемые источники (ветро- и солнечная генерация) – не что иное, как попытка устранить промежуточные этапы. Помимо генерации энергии, в этом случае требуется обеспечить ее накопление. Перспективы и надежды на водород, как значимый источник энергии будущего во многом связаны с тем, что водород способен накапливать энергию в больших объемах.

Водород часто называют топливом будущего [4], при этом многие страны уже имеют значительный опыт его производства и использования в промышленности и на транспорте. От печального – крушения дирижабля «Гинденбург» в Нью-Йорке в 1937 году, до успешного и многообещающего, например, водородных топливных

## Изучая весь спектр климатических сценариев, от позитивного до апокалиптического, важно учитывать: переход к новой энергетической парадигме не будет простой заменой одного уклада на другой

элементов в автомобильной промышленности.

Водород рассматривался как массовое альтернативное топливо еще в начале 1990-х (Energy Policy Act of 1992). В июне 2003 года США и ЕС договорились о сотрудничестве с целью ускоренного развития водородной экономики с фокусом на транспортные решения. Со второй половины 2010-х гг., на фоне усиления глобальной экологической стратегии, водородную энергетику начинают рассматривать в качестве одного из возможных ключевых направлений трансформирования мировой энергосистемы.

Главная надежда политики декарбонизации сегодня на то, что водородная энергетика позволит значительно сни-

Сырье:  Вода  Уголь  Газ

 Солнце/Ветер

Серый водород, из ископаемого топлива с выделением  $\text{CO}_2$

Голубой водород, захват и хранение большей части  $\text{CO}_2$

Зеленый водород, кислород как попутный продукт

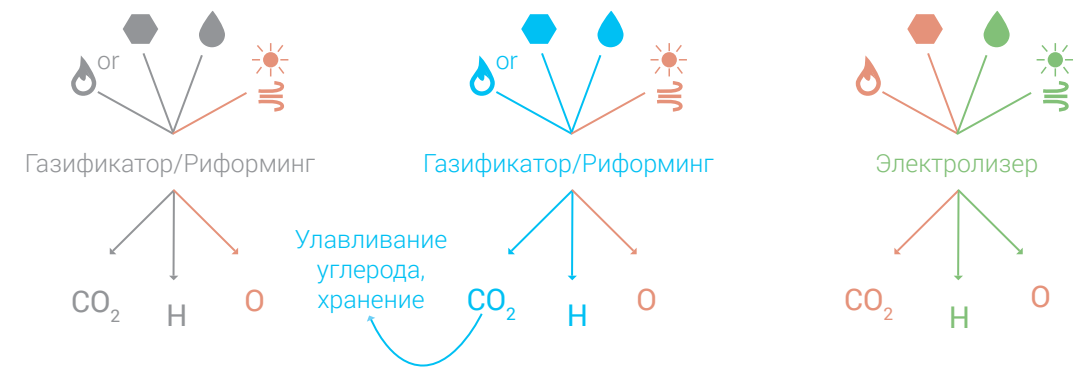


Рис. 5

Источник: Bloomberg

зять выбросы парниковых газов. При этом важно не забывать, что водород в природе в чистом виде практически не встречается. Сегодня основным источником промышленного водорода является то же самое ископаемое углеводородное сырье. Поэтому для водорода ввели градацию на «серый», «голубой» и «зеленый». «Зеленым» считается водород, произведенный с помощью технологий, не выделяющих парниковых газов, путем электролиза воды, питаемого энергией ветра и солнечных батарей.

Учитывая относительно невысокую долю ветровой и солнечной генерации в текущем мировом энергобалансе, можно понять масштаб и сложность проблемы производства значимых объемов «зеленого» водорода. Лидерами по вводу мощностей

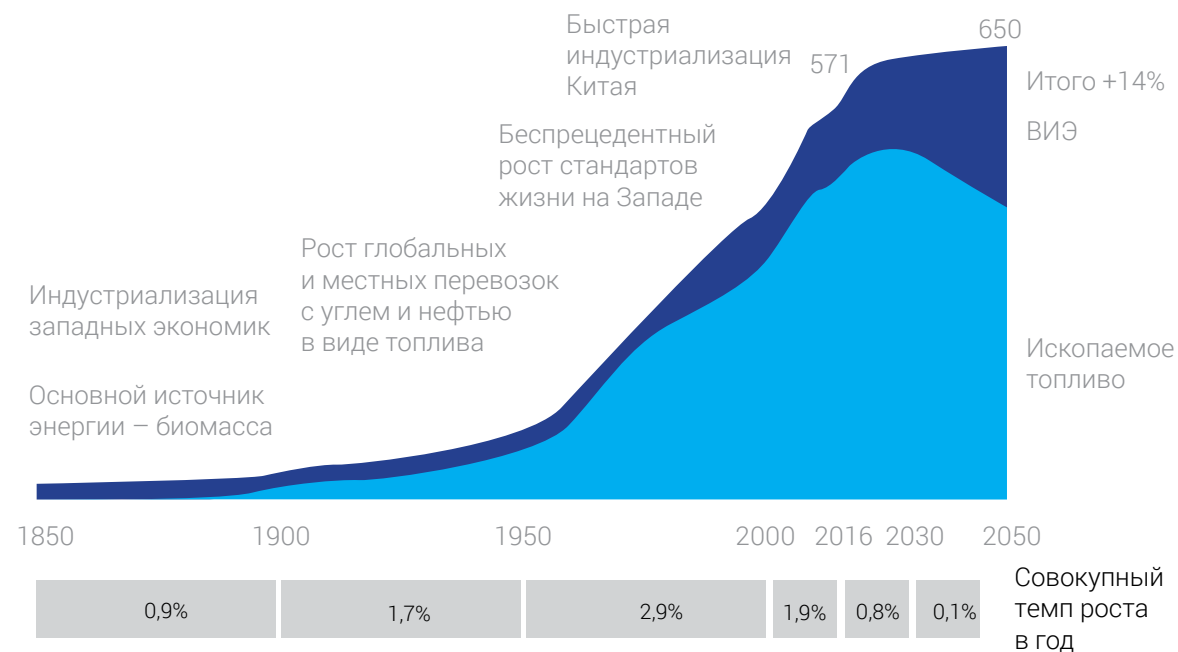
на солнечных батареях сегодня являются китайские производители Longi Green Energy Technology Co. и Sungrow Power Supply Co., которые к концу 2022 года совместно планируют ввести в строй производство электролизеров мощностью 2,5 ГВт. По оценкам BloombergNEF, к 2024 году общий ввод мощностей по производству электролизеров может составить примерно 16 ГВт и, даже, привести к перенасыщению рынка. При этом установленная мощность действующих в мире электростанций – более 2 тыс. ГВт.

Перевод в категорию «зеленой» энергии, производимой на АЭС, будет способствовать более быстрому решению задачи перехода на водород, как основной вид носителя энергии. В любом случае до «в основном водородной» энергетики еще довольно далеко, десятилетия.

Ошибкой является предположение, что развитие «в основном водородной» экономики означает исчезновение нефтегазовой отрасли. Даже при реализации сценария максимально быстрого развития альтернативных источников энергии углеводородное сырье на долгие годы останется важнейшим элементом энергобаланса, но уже не в качестве первичного, а в качестве резервного источника. Кроме того, энергия – не единственный продукт, получаемый из УВС. Химия и нефтехимия пока не имеют альтернативы углеводородам.

**К 2024 г. общий ввод мощностей по производству электролизеров может составить 16 ГВт и привести к перенасыщению рынка, а установленная мощность действующих электростанций – более 2 тыс. ГВт**

Рис. 4. Глобальный спрос на первичную энергию, млн ТДж





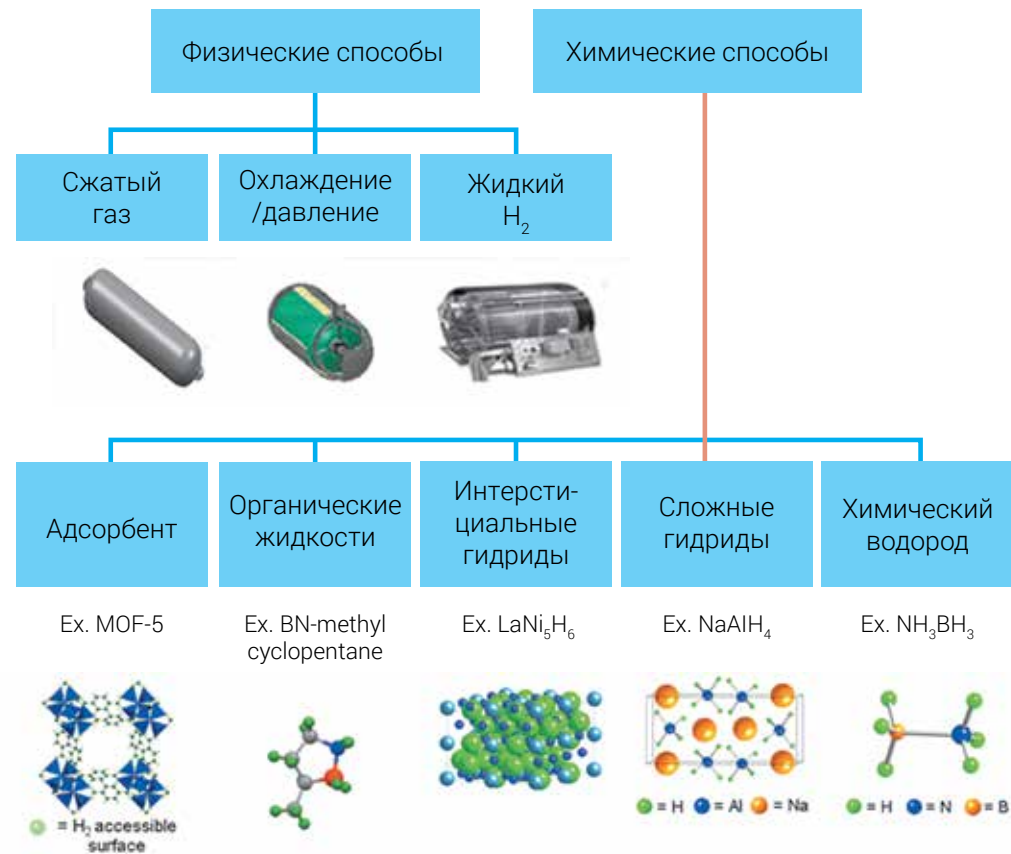


Рис. 6. Технологии хранения водорода

Водород имеет самое высокое значение энергии на единицу массы среди всех других видов топлива. Однако низкая плотность водорода при комнатной температуре означает, что в газообразном состоянии у него низкое значение энергоёмкости на единицу объема. Хранение водорода возможно в виде газа или жидкости. Для хранения газообразного водорода, как правило, используют накопители, где водород находится под высоким давлени-

**Водород имеет самое высокое значение энергии на единицу массы среди всех видов топлива. Но из-за низкой плотности при комнатной температуре, у него низкая энергоёмкость на единицу объема**

ем (350–700 Бар). Жидкий водород хранят при криогенных температурах, поскольку при атмосферном давлении его точка кипения  $-252,8$  °C. Водород можно также накапливать на поверхностях твердых веществ (адсорбция) или внутри твердых веществ (абсорбция).

Исследователи в разных странах активно ищут технологии и новые материалы для хранения водорода, включая мобильные решения для использования на транспорте. Существующие решения, как правило, требуют создания крупно-объемных систем, где водород хранится в газообразном состоянии. Для стационарных систем, где занимаемая площадь не всегда является критическим параметром, это менее важно.

Очевидным кандидатом на роль инфраструктуры поставок водорода является трубопроводный транспорт – действующие нефте- и газопроводы. В марте 2021 года для обсуждения в Конгрессе США был опубликован доклад Paul W. Parfomak (Specialist in Energy and Infrastructure Policy) под названием «Транспортировка водорода трубопроводным транспортом: регулирование,

исследования и государственные программы» (Pipeline Transportation of Hydrogen: Regulation, Research and Policy). Автор отчета отмечает, что выделенные трубопроводы для транспортировки водорода существуют в США уже давно, но размер этой инфраструктуры мал по сравнению с размером нефтепроводной и газопроводной сетями. Трубопроводная инфраструктура, необходимая для обеспечения стратегии США в области водородной энергетики, должна значительно вырасти и охватить существенно большие территории, чем сегодня.

Отдельно отмечаются возможности использования существующих газо- и нефтепроводов для транспортировки водорода (имеется в виду не подмешивание водорода к метану, а чистый водород). В этом случае потребуются изменение конструкции компрессоров, клапанов, уплотнителей, приборов измерения, и других элементов. Также возможны частичная замена труб, укрепление сварочных швов, изменение системы контроля утечек, установка новых систем контроля и управления транспортировкой.

Сегодня в США есть как минимум два примера подобной конверсии. В 1990-е французская компания Air Liquide (один

**Даже при реализации сценария максимально быстрого развития альтернативных источников углеводороды на долгие годы останутся важнейшим элементом энергобаланса, но уже в качестве резерва**

из операторов трубопроводов в районе Мексиканского залива) приобрела два нефтепровода в Техасе и успешно преобразовала их для транспортировки водорода. [5]. Хотя в прошлом такие случаи были единичны, сегодня конвертация газопроводов все чаще рассматривается как эффективная стратегия для увеличения мощностей транспортировки водорода.

В 2020 году группа крупнейших газотранспортных компаний Европы предложила перестроить континентальную систему газопроводов и создать на ее основе специализированную опорную водородную инфраструктуру в Европе [6].

Система хранения газов Air liquide

Источник: sanayi.airliquide.com.tr







Проект морской транспортировки водорода

Источник: aa-w / Depositphotos.com

По данным Reuters, к 2040 году опорная водородная сеть в Европе может включать около 40 000 км газопроводов, адаптированных для транспортировки водорода [7]. Координатор этой инициативы Дэниел Мутманн, выступая перед представителями газотранспортных компаний Европы заявил: «Мы поняли, что использование существующей газотранспортной инфраструктуры для создания в Европе опорной водородной сети возможно технически и рентабельно экономически». Предполагается, что около 69 % опорной сети могут составлять конвертированные существующие газопроводы. Остальные 31 % нужно будет построить, главным образом в странах, где нет раз-

**Конвертация газопроводов для прокачки водорода может снизить риски потери стоимости существующих трубопроводов или необходимости дополнительных затрат на компенсацию такого снижения**

витой газотранспортной сети. Размер инвестиций в подобный проект оценивается величиной от 43 до 81 млрд евро. Затраты на прокачку одного килограмма водорода оцениваются в 0,11–0,21 евро на 100 км трубопровода; затраты на производство составляют примерно 1–2 евро/кг.

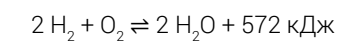
Одна из крупнейших энергокомпаний Германии, E.ON, уже объявила о запуске в 2021 году демонстрационного проекта по конвертации распределительного газопровода среднего давления для транспортировки чистого водорода небольшой группе промышленных потребителей для использования в системе отопления на основе модифицированных бойлеров [8].

Конвертация газопроводов для прокачки водорода может снизить риски потери стоимости существующей трубопроводной инфраструктуры или необходимости дополнительных затрат на компенсацию такого снижения при более активном переходе к водородной энергетике [9]. Наконец, конвертация трубопроводов в пределах существующих землеотводов выглядит более привлекательным решением, чем прокладка новых маршрутов, что в последние десять лет уже стало во многих странах причиной многочисленных регуляторных и юридических сложностей и заметно удлинит период строительства новых труб.

Технологические лидеры в производстве промышленных газов оптимистичны. Air Liquide ожидает утроения выручки от проектов, связанных с водородом к 2035 году. Компания инвестирует около 8 млрд евро в создание цепочек поставки низкоуглеродного водорода и разработку экосистем на основе низкоуглеродного водорода для применения в промышленности и на транспорте.

### Энергетика H<sub>2</sub>: источники, состояние и ожидания

Использование водорода в энергетике связано с тем, что при вступлении в реакцию с кислородом, выделяется значительная энергия и вода:



Энергия, выделяемая в результате реакции, может быть использована в виде тепла или электричества, производимого топливным элементом.

Из 70 млн тонн производимого сегодня ежегодно в мире водорода половину потребляет химическая промышленность и производство удобрений, в основном для производства аммиака и метанола. Другими крупными промышленными потребителями является нефтегазовая промышленность (43 %, в процессах гидрокрекинга и гидроконверсии) и производство стали. Крупнейший производитель водорода Китай выпускает ежегодно примерно 22 млн тонн или почти треть мирового производства, США – 10 млн тонн, Европейский союз – примерно 8,3 млн тонн.

В последнее время к наиболее часто используемым для классификации «серому», «голубому» и «зеленому» водороду стали добавлять «розовый» и «бирюзовый». «Розовый» водород активно продвигался ядерными энергетиками, которые предлагали считать такой водород «зеленым». В настоящее время Европарламент обсуждает вопрос: относить ли энергию, вырабатываемую АЭС, к возобновляемым источникам? От исхода этой дискуссии будет во многом зависеть получение финансовых ресурсов на развитие данного направления [10].

Первые четыре завода по производству безуглеродного водорода в России планирует построить «Росатом». [11]. Полученное топливо будет поставляться

на внутренний рынок и страны Европы, в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Это часть плана развития водородной энергетики в России стоимостью свыше 9 млрд рублей. Первый завод заработает через 3 года в Калининградской области: начнется производство «зеленого» водорода методом электролиза воды с использованием электроэнергии ВЭС. Затем построят завод по выпуску низкоуглеродного водорода методом электролиза воды с использованием электроэнергии Кольской АЭС в Мурманской области. Еще один проект будет международным – «Росатом» на Сахалине совместно с французской компанией Air Liquide начнет в 2024 году



Кольская АЭС

Источник: «Росатом»

производство водорода и аммиака методом паровой конверсии метана с улавливанием CO<sub>2</sub>.

С начала 2021 года о проектах в сегменте водородной энергетики стали активнее заявлять крупнейшие европейские нефтегазовые компании. Французские Total и Engie подписали соглашение о партнерстве в проекте Masshyilia по созданию самой большой во Франции площадки по производству электроэнергии на основе «зеленого» водорода. [12] (TotalEnergies, 2021)

Европейский союз сделал на водород главную ставку в борьбе за достижение целей Net-Zero к 2050 году. За 10 лет ЕС планирует установить электролизеры общей мощностью 40 ГВт [13].



## Крупнейший производитель водорода Китай выпускает ежегодно примерно 22 млн тонн или почти треть мирового производства, США – 10 млн тонн, Европейский союз – примерно 8,3 млн тонн

Сегодня мощность электролизеров в Европе не превышает 0,1 ГВт. В числе первых водород должен помочь декарбонизации черной металлургии и тяжелого транспорта, а также химической промышленности, где сегодня водород производится из ископаемого топлива.

По данным Совета по водороду (Hydrogen Council) [14] и компании McKinsey, из 228 анонсированных проектов по производству водорода 55 % или 126 проектов приходится на Европу. Большую часть проектов планируется реализовать до 2030 года. Общие инвестиции в объявленные в мире проекты оцениваются в 300 млрд долларов, что составит примерно 1,4 % от общих капитальных затрат

энергетического сектора. На долю Европы придется примерно 45 % общих затрат. Отметим, что задачу привлечения финансирования для этих проектов еще предстоит решить.

Цели членов Совета по водороду, среди которых Shell, BMW, Microsoft и Sinoprec – увеличить инвестиции в проекты по водороду к 2025 в шесть раз от уровня 2019 года. По оценкам Совета, если удастся преодолеть значительные сложности масштабирования производства водорода, создать инфраструктуру его транспортировки, хранения и многократно повысить мощности выработки электроэнергии из возобновляемых источников для производства чистого топлива, к 2028 году в регионах с избытком дешевых возобновляемых источников, таких как страны Ближнего Востока, производство водорода должно сравняться по себестоимости с производством ископаемого топлива.

По мнению специалистов VCG, водородная экономика создаст новый рынок оборудования и компонентов, размер которого оценивается примерно в 200 млрд долларов.

Интерес к водородной энергетике проявляет и венчурный капитал, так называемый Climate Tech. По данным PitchBook [15], за период с января 2020 года по август 2021 года компании сегмента Climate Tech

Рис. 7. Инновационные решения для транспортировки и хранения сжиженного/сжатого H<sub>2</sub>

Источник: VCG

### Большие расстояния

Вскипание газа снижает объем поставляемого H<sub>2</sub> на 1% в день



Трубопроводы потребуют переоснащения для повышения давления и устранения риска хрупкости металла



### Короткие расстояния

### Узлы и оборудование



Компрессоры



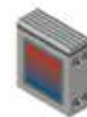
Трубы



Насосы



Системы управления



Теплообменники

### Инвестиции (\$ млн)

### Число сделок

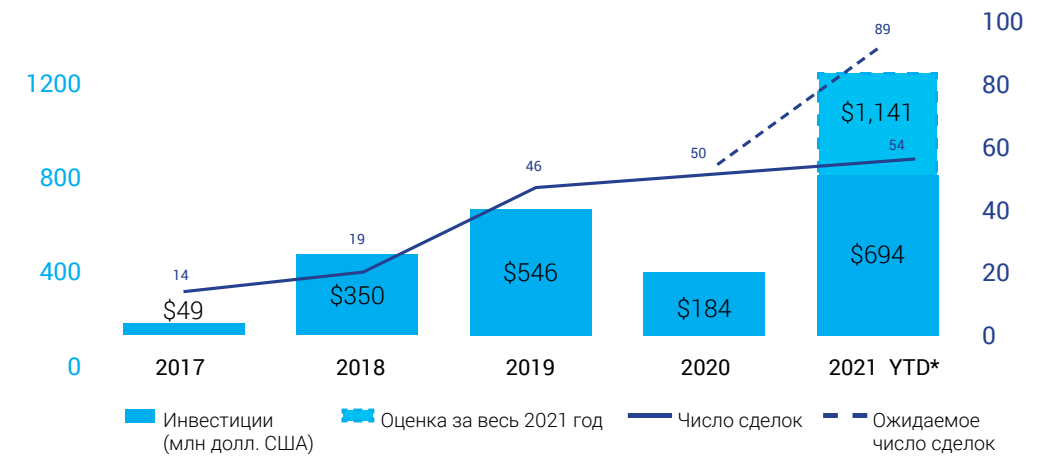


Рис. 8

привлекли более 40 млрд долларов, то есть на 37 % больше, чем в 2018 и 2019 гг. вместе взятых. Причем это уже вторая попытка венчурных инвесторов. Первая попытка в начале 2000-х оказалась крайне неудачной, несмотря на 50 млрд долларов инвестиций в «зеленые» компании. Недаром она получила название «зеленого пузыря». По данным MIT, около половины из 25 млрд долларов, инвестированных в 2006–2011 гг. в «зеленые» технологии, оказались потеряны, поскольку большинство получивших финансирование компаний видели себя как исследовательские лаборатории и плохо понимали, как вывести

свои изобретения на рынок и заработать на масштабировании успешных решений.

С тех пор многое поменялось. Возобновляемые источники на основе энергии ветра и солнца теперь могут без субсидий конкурировать по цене с ископаемыми источниками, развитие технологий литиевых батарей привело к быстрому росту в крупных городах автомобилей и мотоциклов с электродвигателями. Изменился и подход венчурных капиталистов к инвестированию. Вместо крупномасштабных дорогостоящих проектов они теперь предпочитают вкладывать деньги в небольшие компании с нишевыми продуктами – от но-

ВЭС в Италии

Источник: agiampiccolo / Depositphotos.com







Нефтяной терминал в порту Джейхан в Турции

Источник: upstreamonline.com

вых технологий производства батарей до получения низкоуглеродного бетона или новых видов авиатоплива.

### Риски текущих прогнозов

Любой прогноз может не сбыться и поэтому содержит элемент неустрашимого риска. При подписании Парижского соглашения по климату в 2015 году мало кто полагал, что цены на уголь или газ способны вырасти за год в несколько раз, а мир накроет пандемия COVID-19, последствия борьбы с которой радикально изменят глобальный экономический ландшафт.

Согласно прогнозам, в 2021 году выбросы парниковых газов снова могут вырасти до исторического максимума, поменяв тональность дискуссий последних лет, где главной темой была тема «пика потребления нефти». С началом пандемии коронавируса возникла уверенность в том, что последствием будут структурные изменения потребления, включая значительное увеличение числа работающих из дома, что также станет вкладом в ускорение энергоперехода. Однако, кроме сохраняющегося на низком уровне потребления авиакеросина, вызванного ограничениями на перемещение, во всех других секторах потребление сегодня выше, чем в 2019 году. Более

того, стремление избежать общественного транспорта увеличило объемы потребления автомобильного топлива. Во многих странах вырос спрос на газ, который способен балансировать волатильность уровня выработки электроэнергии, производимой ветрогенераторами и генераторами на солнечных батареях. Временно, но значительно вырос спрос на уголь, даже при том, что долгосрочные перспективы угольной генерации не поменялись и остаются безрадостными.

Являясь подписантом Парижского соглашения по климату, Россия до определенного времени не входила в группу, активно продвигавших повестку Net-Zero. Сегодня

**Европейский союз сделал на водород главную ставку в борьбе за достижение целей Net-Zero к 2050 году. За 10 лет ЕС планирует установить электролизеры общей мощностью 40 ГВт**

**Общемировые инвестиции в проекты по производству водорода оцениваются в 300 млрд долл. или 1,4% от общих капзатрат. При этом из 228 анонсированных проектов 55% приходится на Европу**

отношение к ней меняется. Президентом и Правительством РФ обозначены цели достижения углеродной нейтральности к 2060 году.

Учитывая, что доходы от нефтегазового сектора и угольной промышленности составляют примерно 35% российского бюджета, а сами эти отрасли являются крупными работодателями, достижение целей Net-Zero к 2060 году потребует значительной перестройки экономики. Текущий план выполнения условий Парижского соглашения предполагает рост выбросов в РФ к 2030 году на 30% от уровня 1990 года. По оценке World Resources Institute это означает, что достижение Net-Zero потребует снижения выбросов на 65%.

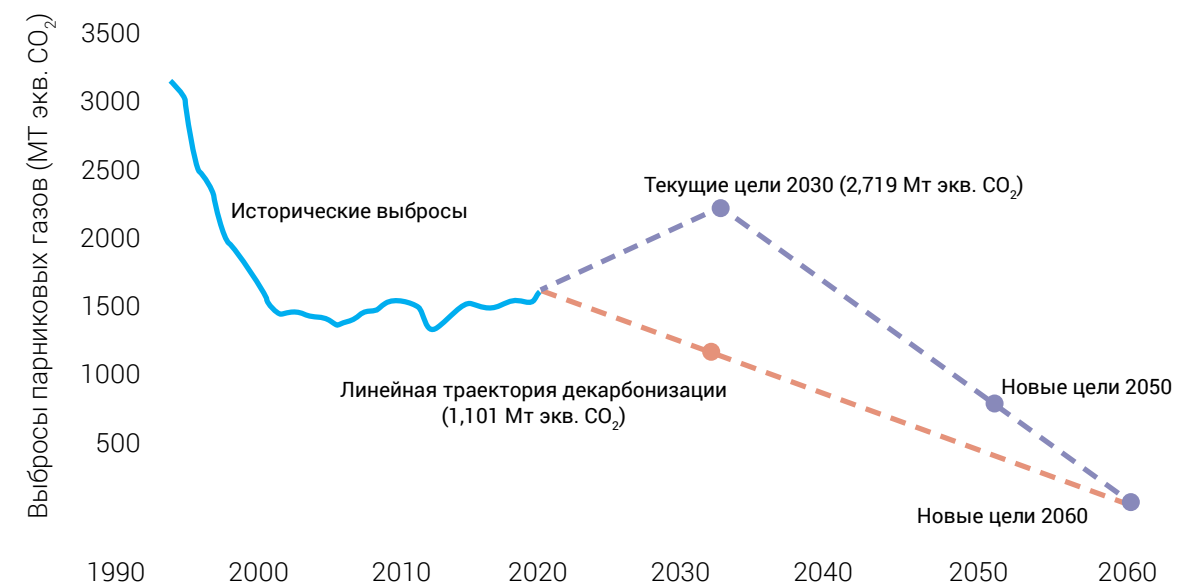
Чуть позже, чем могли бы, к решению вопросов энергоперехода и малоуглерод-

ной экономики подключаются международные нефтегазовые компании. Первой реакцией многих из них на активное обсуждение темы Net-Zero стала смена вывески – замена старых названий на новые с удалением из них слов «petroleum» или «oil» и объявлением себя не нефтегазовыми, а энергетическими компаниями. Тем не менее, в последнее время мы видим, как все большее число мировых нефтегазовых тяжеловесов, до недавних пор остававшихся самыми большими скептиками климатических целей 2050 года, все активнее начинают обсуждать и практически участвовать в проектах, направленных на выполнение целей энергоперехода. Фокус своих усилий в рамках достижения целей Net-Zero компании нефтегазового сектора видят в сборе и утилизации CO<sub>2</sub>. При этом многие нефтяные компании до сих пор исходят из того, что выполнение целей Net-Zero исключает возможности роста. В этой связи позитивный сигнал в октябре 2021 года подала Chevron заявив, что достижение целей Net-Zero к 2050 году и рост – совсем не взаимоисключающие понятия.

Резкий рост цен на энергоносители в 2021 году и ускорение глобальной инфляции дополнительно осложнили прогнозирование динамики энергоперехода. Тем не менее, по мнению ряда наблюдателей, сегодняшняя мировая экономика вполне способна выдерживать цену на нефть и в 80 долларов, и 100 долларов за бар-

Рис. 9. Динамика выбросов РФ при разных сценариях

Источник: World Resources Institute



## К 2028 году в регионах с избытком дешевых ВИЭ, таких как страны Ближнего Востока, производство водорода должно сравняться по себестоимости с производством ископаемого топлива

рель, и даже выше [16]. Они, в частности, отмечают, что скачок цены на нефть на 65 % только в 2021 году не приведет к стагнации в экономике развитых стран, подобной той, что наблюдалась в США в 1970-е годы. Причина – альтернативные источники энергии, ускоренное развитие отраслей с низким потреблением энергии, повышение энергоэффективности транспорта, потребительской техники и электростанций по сравнению не только с 1970-ми годами, но даже с 2008 годом, когда цены фьючерсов на нефть приближались к 150 долларам за баррель.

Повышение цены фьючерсов на нефть в 4,3 раза по сравнению с мартом

2020 года безусловно впечатляет. Однако на фоне многолетней исторической динамики сегодняшняя цена нефти не выглядит необычно высокой. Марко Коланович и Брэм Каплан, эксперты по стратегии JPMorgan, считают, что повышенные цены не нанесут большого вреда экономическому развитию. Они считают, что «с учетом поправки на инфляцию, уровня потребительских накоплений, необходимых нефтяным компаниям капитальных затрат, уровня цен на другие активы и заработной платы, даже при цене нефти в 130 или 150 долларов за баррель фондовый рынок и экономика в целом не должны испытывать проблем». По мнению аналитиков Bank of America, проблемы у мировой экономики начинаются, когда расходы на закупку нефти превышают 8,8 % мирового ВВП, что в последний раз наблюдалось в 2008 году. В октябре 2021 года эти затраты они оценивали в 5,6 % мирового ВВП, то есть на 60 % ниже.

Важно отметить, что подобный анализ, если и верен, то относится исключительно к развитым рынкам. Для многих развивающихся стран ситуация может выглядеть совсем не так благобно. Например, для таких крупных импортеров нефти как Филиппины, Индия или Турция рост цены на нефть усугубляется одно-

Рис. 10. Цена нефти марки Brent и индекс мирового рынка акций 2011–2021 гг.

Источники: Refinitiv Datastream, Tommy Reggiori Wikes

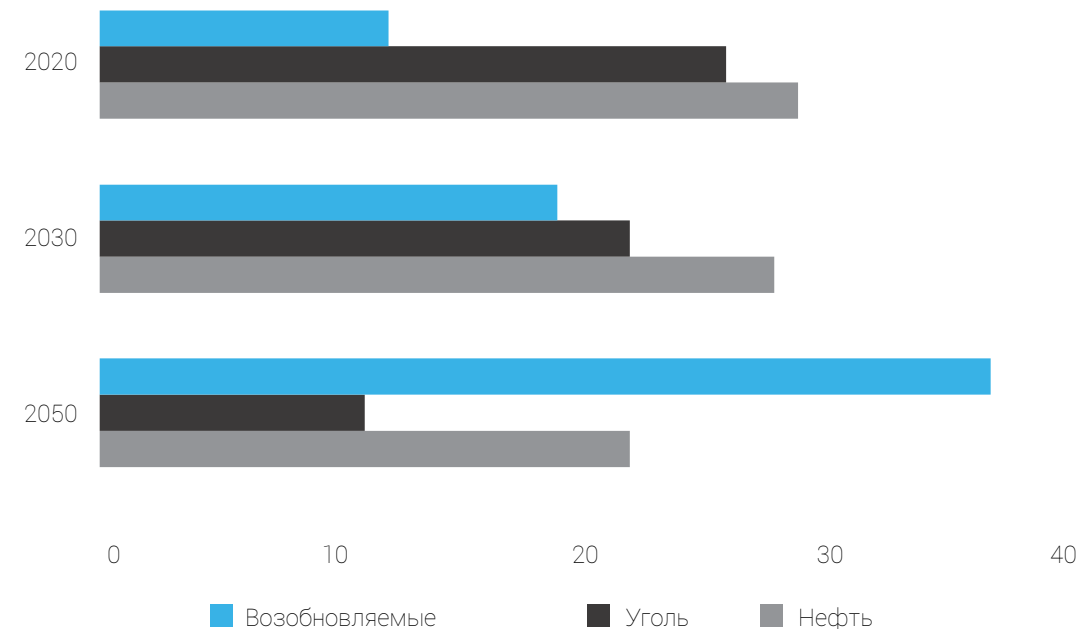
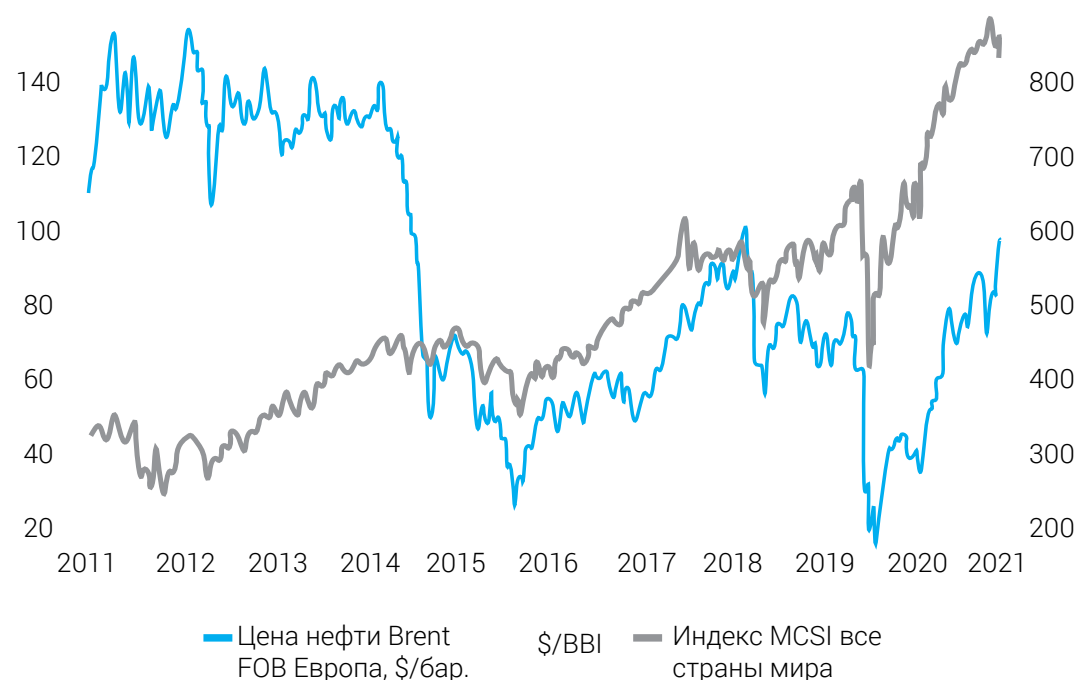


Рис. 11. Доля различных источников энергии (IEA), %

временным падением курса местной валюты к доллару. Рекордсменом стала Турция, где баррель нефти вырос в лирах с 370 лир на начало 2021 года до 785 лир к октябрю 2021 года. В Индии и Таиланде за тот же период цены нефти в местной валюте удвоились.

Даже развитым странам нельзя игнорировать сценарии продолжительного синхронного повышения цен на разные виды энергоносителей, что, например, наблюдается на рынках сегодня. Томас

Костерг, старший экономист Pictet Wealth Management, считает, что «цена на нефть в 80 долларов сегодня ощущается более болезненно, чем раньше, поскольку, помимо нефти, пиковые цены сегодня также у газа и угля». Аналитики VofA подсчитали, что размер глобального налога на потребление от шока цен на энергию в этом году может составить 1,6 %. Это значит, что, прогнозируя будущее, не стоит отвергать и сценарии, при которых пик спроса на углеводороды немного задержится.

Гибридный электроводородный мотоцикл Segway APEX H<sub>2</sub>

Источник: mikeshoots.com







Рис. 12

Специалисты Morgan Stanley, по новому прогнозу которых цена на нефть марки Brent в первом квартале 2022 года достигнет 95 долларов за баррель, не исключают, что в связи со снижением инвестиций в новые месторождения, пик предложения нефти может наступить быстрее, чем пик спроса на нефть.

Отметим, что высокие цены на углеводороды – дополнительный стимул развития альтернативных источников энергии, доля которых в мировом энергобалансе со временем будет только нарастать. Доля нефти уже снизилась с 50 % в 1970-е годы до 29 % сегодня, главным образом за счет роста потребления газа. По прогнозам IEA, если странам удастся достичь целей Net Zero, к 2030 году она составит 28 %, а к 2050 году – 22 %. Соответственно доля возобновляемых источников за тот же период, как ожидается, вырастет с сегодняшних 12 % до 19 %, а затем и до 37 %. Однако даже в этом случае никто не говорит о пол-

**В РФ доходы от нефтегазового сектора составляют 35 % бюджета, при этом отрасли являются крупными работодателями, потому достижение Net-Zero к 2060 г. потребует полной перестройки экономики**



Рис. 13

ной замене УВС на альтернативные источники энергии ни к 2050 году, ни позже.

Путь от сложившегося энергобаланса к энергобалансу экономики будущего будет сложным и небыстрым. И пройти его водородная энергетика сможет только вместе с энергетикой углеводородной.

Тридцать лет, за которые большинство стран рассчитывают достичь целей Парижского соглашения – срок длинный. Многие могут поменяться так, как сегодня невозможно предвидеть. Поэтому, планируя стратегию построения водородной экономики, важно будет проверять и уточнять ее по мере движения к целям Net Zero и не реже чем каждые пять лет.

Чтобы лучше почувствовать, как мало времени может быть на раскачку для включения в соревнование за новую водородно-углеводородную экономику будущего, полезно посмотреть на две фотографии, сделанные во время Пасхальных парадов по Пятой Авеню в Нью-Йорке с разницей в 13 лет, в 1900 году и в 1913 году.

На первой (рис. 12) мы уже видим один автомобиль (отмечен красной стрелкой). На второй (рис. 13) сложно найти хотя бы один экипаж, в который была бы запряжена лошадь. Технологии и эффективная организация быстро меняют окружающий мир, независимо от того – верим мы в них или нет, нравятся они нам или нет. Вопрос смены энергетической парадигмы и развития низкоуглеродной экономики, в значительной степени основанной на водороде, сегодня формулируется уже не в категориях «если», а в категориях – «как широко, как скоро».



Катамаран Energy Observer на водороде

Источник: Twitter.com / @ROKAutomation

## Использованные источники

1. J. Y. Tsao, R. Fouquet, E.F. Shubert, *The Electrification of Energy: Long-Term Trends and Opportunities*, 2018. Доступно на: <http://dx.doi.org/10.1557/mre.2018.6>
2. Прогноз развития энергетики мира и России 2019. ИНЭИ РАН и МШУ Сколково. Москва, 2019.
3. URL: <https://news.tpu.ru/actual/2020/12/08/37059>
4. Кулагин В.А., Грушевенко Д.А. *Смогут ли водород стать топливом будущего? Теплоэнергетика*. №4, 2020.
5. Jim Campbell, *Air Liquide, Questions and Issues on Hydrogen Pipelines*, Presentation to the DOE Hydrogen Pipeline Working Group Meeting, August 31, 2005. – URL: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f10/hpwwg\\_questissues\\_campbell.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f10/hpwwg_questissues_campbell.pdf)
6. Enagás et al., *European Hydrogen Backbone*, July 2020, p. 4.
7. Moon dust: Greenland's recipe for saving Planet Earth. – URL: <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/moon-dust-greenlands-recipe-saving-planet-earth-2021-10-14/>
8. E.ON SE, *Unique Project in Germany: Natural Gas Pipeline is Converted to Pure Hydrogen*, press release, November 10, 2020.
9. Environmental Defense Fund, *Managing the Transition Proactive Solutions for Stranded Gas Asset Risk in California*, 2019.
10. Debate: is nuclear clean enough for the EU's green funding? – URL: <https://www.power-technology.com/features/debate-is-nuclear-clean-enough-for-the-eus-green-funding/>
11. «Росатом» построит 4 завода по производству водорода. – URL: <https://www.vesti.ru/finance/article/2626988>
12. Total and Engie partner to develop France's largest site for the production of green hydrogen from 100% renewable electricity. – URL: <https://totalenergies.com/media/news/press-releases/total-and-engie-to-develop-france-s-largest-site-of-green-hydrogen>
13. Europe pulls ahead in race for hydrogen, as global project pipeline grows: report. – URL: <https://www.reuters.com/article/us-eu-energy-hydrogen-idUSKBN2AH0IB>
14. Hydrogen Insights 2021 - Hydrogen Council. – URL: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2021/>
15. URL: <https://www.engine.xyz/ttlandscape2021>
16. Why today's economy can handle oil at \$100 a barrel or higher. – URL: <https://www.reuters.com/business/energy/why-todays-economy-can-handle-oil-100-barrel-or-higher-2021-10-21/>



# Уроки газового кризиса в Европе

## Lessons from the gas crisis in Europe

Сергей КАПИТОНОВ  
Аналитик рынка газа  
e-mail: Sergey\_Kapitonov@skolkovo.ru

Sergey KAPITONOV  
Gas Analyst at the Energy Center of the Moscow School  
of Management Skolkovo  
e-mail: Sergey\_Kapitonov@skolkovo.ru

Одно из крупнейших в ЕС месторождений газа Гронинген будет закрыто в 2023 г.

Источник:  
oilexp.ru



Аннотация. В статье рассматривается текущая ситуация на рынке газа в Европе, Азии и США. Автор анализирует причины резкого роста цен на газ, который наблюдался в Европе и странах АТР, а также последствия этого кризиса для стран-производителей газа. Он приходит к выводу, что Европа будет наращивать импорт газа и одновременно работать над формированием стабильных и предсказуемых отношений в газовой сфере, особое внимание уделяя производственной связке «природный газ – водород».

*Ключевые слова:* рынок газа, спотовая цена, долгосрочный газовый контракт, энергопереход.

Abstract. The article examines the current situation on the gas market in Europe, Asia and the USA. The author analyzes the reasons for the sharp rise in gas prices that was observed in Europe and the Asia-Pacific countries, as well as the consequences of this crisis for gas-producing countries. He comes to the conclusion that Europe will increase gas imports and at the same time work on the formation of stable and predictable relations in the gas sector, paying special attention to the production link «natural gas – hydrogen».

*Keywords:* gas market, spot price, long-term gas contract, energy transfer.



**Газ на спотовом рынке сегодня стоит и в ЕС, и в Азии не только значительно дороже угля (даже с учетом цены CO<sub>2</sub>), но и нефти**

После коронакризисного 2020 г., когда цены на газ на европейских хабах в иные дни падали до уровня внутрироссийских, газовая отрасль подошла к новому 2021 г. не в лучшей финансовой форме. В течение того непростого года большинство нефтегазовых компаний, включая российские, провели ревизию своих инвестиционных программ и сократили капитальные вложения на величины от 20 до 50 %.<sup>1</sup> По оценкам компании Rystad Energy, только инвестиции в сектор добычи нефти и газа в 2020 г. сократились на 28 % (145 млрд долларов в абсолютных показателях).<sup>2</sup> В результате уже с осени 2020 г., на волне стремительного восстановления требующей новых объемов газа экономики Китая, ситуация с избытком газа на мировых рынках начала быстро трансформироваться в дефицит.



Добыча газа в Северном море  
Источник: ggw1962 / Depositphotos.com

### Причины кризиса

Уже в январе 2021 г. спотовые цены на СПГ в Азии по индексу Platts JKM (не фьючерс) достигали \$32,5/млн БТЕ (\$1150/тыс. кубометров), по сообщениям СМИ, ряд партий СПГ был продан по ценам в почти \$40/млн БТЕ (\$1400/тыс. кубометров). С весны 2021 г. быстрый рост цен начался и в Европе. К концу июля цены на газ на европейских хабах подошли к отметке в \$500 за тысячу кубометров, а, начиная с осени, превысили \$1000.

Рекордные цены в Европе и Азии были обусловлены целой комбинацией факто-



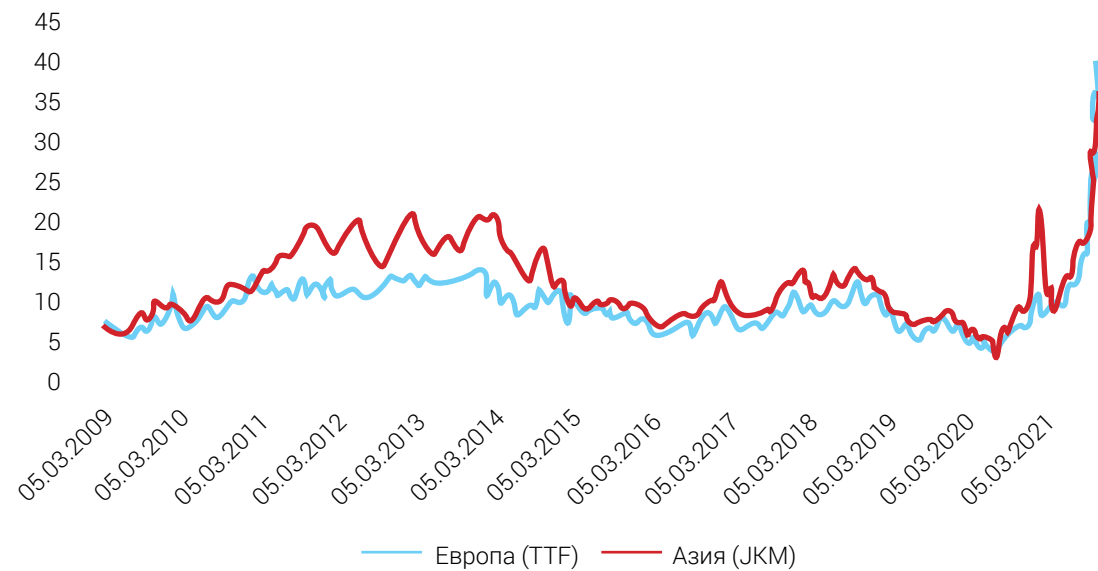


Рис. 1. Изменение цен на газ в Европе и Азии (фьючерс «на месяц вперед»)

Источник: данные бирж

ров, таких как последствия прошедшей зимы и опустошенные хранилища в Европе и России, рост цен на выбросы CO<sub>2</sub> в Европе, продолжение агрессивной политики по замещению угля газом в Китае, а также неспособность поставщиков, будь то Россия, Норвегия или продавцы СПГ, обеспечить новое значительное предложение газа на рынках. При этом стоит отметить, что в своих поставках на европейский рынок «Газпром» действовал исключительно в рамках долгосрочных контрактов, полностью выполняя заявки потребителей.

В части поставщиков СПГ в этом году – такие заводы, как норвежский в Хаммерфесте, вовсе ушли с рынка после технических аварий, а целый ряд заводов от Тринидада и Тобаго, до Индонезии работали ниже проектной мощности.

**Ситуация с ценами на газ в 1000 долл. за тыс. кубометров не может продлиться дольше нескольких месяцев, так как идет деградация спроса, закрываются производства, появляются альтернативы газу**

Напряжения на рынок добавила и августовская авария «Газпрома» на заводе по подготовке конденсата под Новым Уренгоем, обеспечивающего прием и переработку нестабильного газового конденсата месторождений Надым-Пур-Тазовского региона. В результате аварии почти в два раза были снижены поставки по газопроводу «Ямал – Европа», что привело к дальнейшему росту и без того аномально высоких спотовых цен на европейских торговых площадках.

В последних аномальных скачках на рынке уже сыграли роль нефундаментальные экономические факторы, а уже панические настроения и трейдеров.

На перегретый газовый рынок Европы сегодня оказывают влияние любые сигналы со стороны каждого из поставщиков – поэтому безусловно рост поставок со стороны «Газпрома» и активизация закачки газа российским концерном в европейские ПХГ окажут успокаивающее действие на трейдеров. Вместе с тем, на сегодняшний день ни «Ямал – Европа», ни украинский коридор не загружены на том уровне, чтобы убрать панические настроения на рынке.

Сжиженный газ со спотовых рынков также не поступает на европейские рынки в должном объеме. С января по начало ноября 2021 г. поставки СПГ в Европу снизились почти на 25 % по сравнению с показателями предшествующих двух лет.

Кардинально изменить ценовую конъюнктуру на рынке могли бы только сильные шаги со стороны поставщиков, например, масштабная загрузка «Газпромом» не только собственных газопроводов компании, таких как «Северный поток» или «Турецкий поток», но и маршрутов через Польшу или Украину. Значительно встряхнуть рынок может и такой значимый сигнал, как запуск «Северного потока-2». Поставки норвежского газа в Европу с середины осени и так осуществлялись на уровне, близком к максимуму. А СПГ будет в значительных объемах поступать на европейский рынок только при появлении «европейской премии» к ценам на газ в Азии – а сегодня существует устойчивая «азиатская премия» в размере порядка \$10/млн БТЕ (\$350/тыс. кубометров), и СПГ продолжает преимущественно уходить в Азию.

### Последствия кризиса

Стоит отметить, что конъюнктура с ценами на газ по 1000 долларов за тысячу кубометров не может априори продлиться дольше нескольких месяцев – при таких ценах происходит деградация спроса, закрываются производства или газ замещается

Танкер-газовоз

Источник: okopirms.gmail.com / Depositphotos.com



**Поставщики СПГ в этом году испытывали сложности. СПГ-завод в Хаммерфесте ушел с рынка после аварии, а ряд заводов от Тринидада и Тобаго до Индонезии работали ниже проектной мощности**

альтернативными источниками энергии как уголь или мазут (в электрогенерации).

Но для того, чтобы зависящие от природного газа производства, например, сталелитейные, газохимические или производители удобрений, начали банкротиться по-настоящему (а не временно останавливать производство) – необходимо сохранение сверхвысоких цен на газ в течение нескольких лет. Однако, эта же ситуация невыгодна и поставщикам газа, ведь из-за аномально высоких цен на газ сегодня, они могут потерять клиентов в будущем. Таких высоких цен на газ в Европе, как сейчас, не наблюдалось никогда, поэтому

## Обоснованная цена газа на мировых рынках может быть в диапазоне \$200–300/тыс. кубометров. При таких ценах расширяются ниши для использования газа, а на рынок выходят новые потребители

прогнозировать скорость ухода с рынка наиболее уязвимых потребителей достаточно сложно – но, в любом случае, речь не идёт о горизонте короче нескольких месяцев.

При этом, безусловно, можно ожидать тренда на релокацию некоторых производств или инвестиций в строительство предприятий в регионах, где цены на газ доступнее (прежде всего, за счёт собственной обширной ресурсной базы) – например, в США, на Ближнем Востоке, в России. Например, на волне «сланцевой революции»

некоторые европейские газохимические компании (в частности, германские) осуществили крупные инвестиции в строительство производств в США.

Газ на спотовом рынке сегодня стоит и в ЕС, и в Азии не только значительно больше угля (даже с учетом цены CO<sub>2</sub>), но и дороже нефти. В результате Китай, Индия, Пакистан, Бангладеш и др. активно развивающиеся потребители рынка СПГ фактически остановили закупки газа на спотовом рынке и покупают только по долгосрочным контрактам, а в Европе останавливаются производства, зависящие от природного газа. При сохранении такой конъюнктуры дольше, чем несколько месяцев – газ будет уходить с разных рынков под действием различных причин (как естественно-экономических, так и регуляторных). Поэтому скорейшая балансировка рынков нужна как потребителям, так и поставщикам.

Обоснованная долгосрочная цена газа на мировых рынках может быть в диапазоне \$6–8/млн БТЕ (\$200–300/тысячу кубометров). Именно при таких ценах расширяются ниши для использования газа, а на рынок выходят новые потребители.

Добыча газа на шельфе Норвегии в Северном море

Источник: dgrey / Depositphotos.com

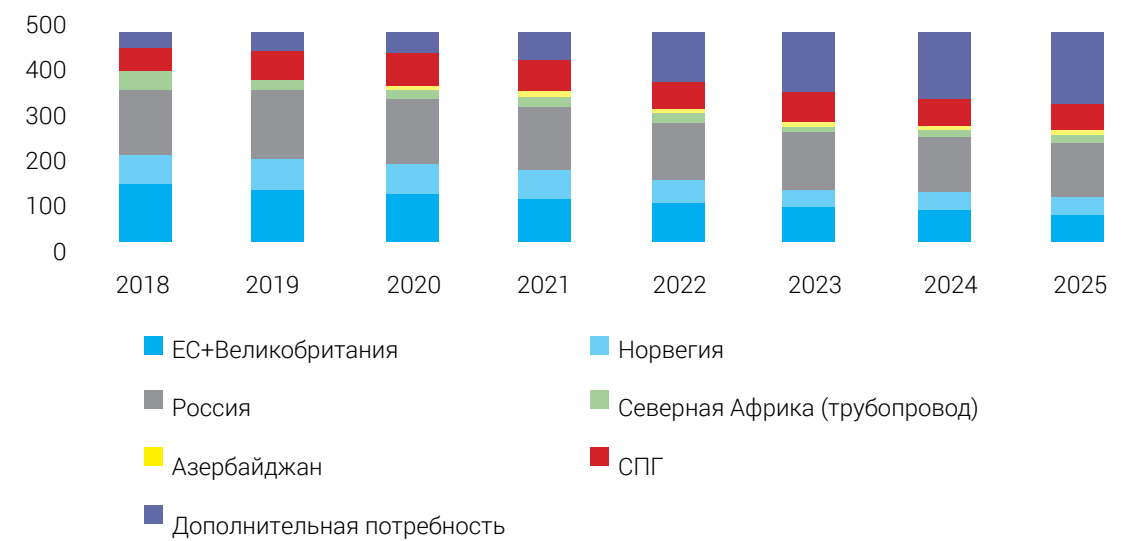


Рис. 2. Долгосрочные контракты для ЕС и спрос на газ (млрд кубометров)

Источник: <https://www.iea.org/commentaries/a-long-term-view-of-natural-gas-security-in-the-european-union>

## Новые контракты и долгосрочные перспективы

Текущий газовый кризис в Европе поставил вполне справедливые вопросы не только о финансовой устойчивости модели спотовой торговли – кризисы с ростом цен (пусть и не такого масштаба), например, на фоне аномальных морозов случались и ранее – но и в целом о надёжности поставок в условиях глобализованного и либерализованного рынка спотовых поставок газа.

Ожидать от Европы обратного хода по модели ценообразования на газ не приходится – всё-таки либерализация рынка и развитие собственных хабов являлось центром энергетической политики последних лет. Однако интерес к использованию компонентов нефтяной привязки в контрактах может несколько повыситься. При этом прогнозируемые средне- и долгосрочные контракты на закупки газа могут получить новую жизнь по крайней мере до того, как тенденции энергоперехода наберут полную силу к началу 2030-х гг.

Действительно, как минимум на 2020-е гг. Европе потребуется продлить контракты на десятки миллиардов кубометров (см. рис. 2), ведь изыскать такие объёмы газа на спотовом рынке попросту невозможно. К росту импортных потребностей подталкивает и стремительно снижающаяся собственная газодобыча. На

пример, на нидерландском месторождении Гронинген ещё в 2013 г. добывалось свыше 50 млрд кубометров газа в год, а в 2021–2022 гг. будет добыто всего 3,9 млрд кубометров, после чего добыча полностью прекратится.<sup>3</sup>

Кстати, и у «Газпрома» же до 2025 г. истекают долгосрочные контракты на десятки миллиардов кубометров с потребителями в Европе и Турции.<sup>4</sup> Их перезаключение теперь будет зависеть не только от фундаментальных индикаторов рынка (в целом позитивных для газа, по крайней мере, до конца 2020-х гг.), но и от соображений Европы по энергобезопасности.

Последняя масштабная волна подписания «Газпромом» новых контрактов пришлась на период реализации проекта «Северный поток» – тогда российский концерн подписал долгосрочные соглашения

**Как минимум на 2020-е годы Европе потребуется продлить контракты на десятки миллиардов кубометров газа, поскольку изыскать такие объёмы на спотовом рынке попросту невозможно**



**К 2025 г. производство СПГ в мире может вырасти почти на 30%, до 449 млн т. Спрос может вырасти умеренней, в итоге на рынке могут образоваться излишки от 26 до 34 млн т/г в 2022–2025 гг.**

с потребителями Западной Европы суммарным объемом свыше 20 млрд кубометров.<sup>5</sup> Однако уже при реализации проекта «Северный поток-2» контрактов на новые объемы поставок подписано не было.

При этом, в том числе, и на волне текущей конъюнктуры для «Газпрома» складывается вполне благоприятная ситуация к продлению контрактов. Так, в конце сентября были заключены 15-летние контракты на поставку российского газа в Венгрию общим объемом 4,5 млрд кубометров в год – это безусловно важное продление контрактов, истекших в этом году. В середине ноября прези-

дент Сербии Александр Вучич заявил, что Белград рассматривает возможность заключения с «Газпромом» десятилетнего контракта, в рамках которого Сербия будет ежегодно закупать в России 3 млрд кубометров газа.

Со своей стороны, «Газпром» сам демонстрирует возможность заключения новых соглашений, артикулируя тезис о значительном превышении потенциальных мощностей добычи над фактическим спросом. С другой стороны, эти мощности могут требовать времени и инвестиций для подключения к текущим потокам. За январь-октябрь 2021 года «Газпром» добыл 422,6 млрд кубометров газа. Это на 15,8% (на 57,7 млрд кубометров) больше, чем в 2020 г.<sup>6</sup> Это высокий показатель. При этом, конечно, в истории «Газпрома» бывали целые периоды, когда добыча концерна значительно превышала запланированные на 2021 год показатели, однако корректней текущие планы сравнивать с последними годами, поскольку одномоментно задействовать резервные мощности далеко не всегда представляется возможным. Задействование резервных мощностей, а глава «Газпрома» Алексей Миллер говорит о 100 млрд кубометров таких мощностей, безусловно возможно

Газовый хаб в Баумгартене

Источник: ahaber.com.tr



Одна из крупнейших газовых компаний ЕС, австрийская OMV  
Источник: vienna.at

при заключении долгосрочных контрактов, дающих необходимые гарантии сбыта газа и окупаемости инвестиций.

При этом конкуренция за европейский рынок неизбежно будет расти в среднесрочном периоде. По прогнозам аналитиков Bloomberg, к 2025 г. производство СПГ в мире может достигнуть 449 млн т (346 млн т в 2020 г.).<sup>7</sup> При этом спрос может вырасти умеренней, в результате чего на рынке образуются излишки в объеме от 26 до 34 млн т/г в период 2022–2025 гг. Например, к 2025 г. ожидается, что экспортный потенциал США по СПГ вырастет до 150 млрд кубометров в год (сегодня порядка 90 млрд кубометров). Если Доха проведет программу расширения своих производств СПГ, то к концу 2020-х гг. Катар будет способен поставлять на внешние рынки около 170 млрд кубометров газа в форме СПГ.

Важные события, конечно, будут происходить и в европейской альтернативной энергетике на фоне продолжающегося энергоперехода. Здесь особенно стоит отметить водородные перспективы природного газа. С технологической точки зрения есть отработанная схема производства водорода с помощью парового риформинга, а CO<sub>2</sub> при этом может улавливаться, кроме того, есть экспериментальные схемы пиролиза метана в продвинутой стадии разработки. Основные ограничения для использования природного газа в качестве сырья для производства водорода – сугубо политические. Европейская водородная дискуссия пока, в целом, концентрируется вокруг производства водорода на мощностях ВИЭ. В Азии или России – совсем другой ракурс дискуссии. Принимаемые в ближайшие годы регулирующие отрасль законы будут в значительной степени влиять и на перспективы природного газа, как сырья для новых форм энергии.

Подводя итоги кризисного для потребителей газа 2021 г., стоит отметить четыре тренда, которые будут определять развитие энергетического сектора Европы на ближайшее десятилетие. Во-первых, это растущая импортная потребность Европы в газе. Во-вторых, это необходимость стабильных и предсказуемых, в противовес спотовому рынку, отношений с поставщиками. В-третьих, это рост конкуренции за счёт выхода на рынок новых проектов СПГ. В-четвертых, это всё более пристальное внимание к связке «газ – водород» и к способам компенсации углеродного следа природного газа. У газовой отрасли России есть, что предложить Европе на новом этапе развития рынков газа, но для этого развитие технологий и моделей торговли должно, конечно, идти опережающими темпами.

### Использованные источники

1. URL: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_COVID19\\_and\\_Energy\\_sector\\_RU.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_COVID19_and_Energy_sector_RU.pdf)
2. URL: [https://www.rystadenergy.com/newsevents/news/press-releases/upstream-spending-cut-by-\\$285-billion-in-two-years-will-struggle-to-recover-to-pre-pandemic-levels/#:~:text=Upstream%20spending%20was%20limited%20to,pandemic%20level%20of%20%24530%20billion.](https://www.rystadenergy.com/newsevents/news/press-releases/upstream-spending-cut-by-$285-billion-in-two-years-will-struggle-to-recover-to-pre-pandemic-levels/#:~:text=Upstream%20spending%20was%20limited%20to,pandemic%20level%20of%20%24530%20billion.)
3. URL: <https://www.reuters.com/business/energy/dutch-confirm-plan-end-gas-production-groningen-next-year-2021-09-24/>
4. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4252745>
5. URL: <https://www.gazprom.ru/fi/posts/84/036897/dh189f.pdf>
6. URL: <https://www.gazprom.ru/press/news/2021/november/article541893/>
7. URL: <https://www.bloomberg.com/professional/blog/global-lng-outlook-2021-25-overview/#:~:text=Global%20LNG%20supply%20could%20reach,half%2C%20overtaking%20Australia%20by%202024.>



# Оценка надежности энергоснабжения территорий

## Assessment of reliability of power supply to territories

Наталья БЕРЕСНЕВА  
Научный сотрудник, к. т. н.,  
Институт систем энергетики  
им. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН  
e-mail: beresneva@isem.irk.ru

Natalia BERESNEVA  
Researcher, Ph.D., Melentiev Energy  
Systems Institute SB RAS  
e-mail: beresneva@isem.irk.ru

Наталья ПЯТКОВА  
Старший научный сотрудник,  
к. т. н., Институт систем энергетики  
им. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН  
e-mail: nata@isem.irk.ru

Natalya PYATKOVA  
Senior Researcher, Ph.D., Melentiev Energy  
Systems Institute SB RAS  
e-mail: nata@isem.irk.ru

ЛЭП зимой

Источник: DVen / Depositphotos.com



Аннотация. В статье рассмотрена многоуровневая схема модельно-инструментальных исследований вопросов надежности топливо- и энергоснабжения территорий. Приведены ключевые моменты таких исследований – схема исследований, схема формирования модельной основы этих исследований, схема анализа топливо- и энергоснабжения потребителей для оценки значимости объектов моделируемой территориально-производственной структуры.

*Ключевые слова:* надежность топливо- и энергоснабжения, системы энергетики, энергетическая безопасность, модель исследования, критически важные объекты.

Abstract. The article discusses a multi-level scheme of model-instrumental studies for the issues of fuel and power supply reliability to consumers. The key points of such studies are given: a research scheme, a scheme for the formation of a model basis for these studies, a scheme for analyzing fuel and energy supply to consumers to assess the significance of the modeled territorial production structure objects.

*Keywords:* reliability of fuel and energy supply, energy systems, energy security, research model, critical objects.



### Изучаемые модели предполагают создание сценариев, в которых рассматриваются воздействия разных нештатных ситуаций в разных сочетаниях

#### Введение

Оценка надёжности топливо- и энергоснабжения является составной частью исследований энергетической безопасности того или иного региона [1]. Целями этой задачи являются выявление наиболее уязвимых потребителей энергоресурсов в штатных и нештатных условиях, определение наиболее опасных нештатных ситуаций и поиск мер по их смягчению.

Это определило специфику проводимых исследований. Изучаемые модели могут предполагать создание нескольких сценариев, в которых рассматриваются воздействия различных нештатных ситуаций в различных сочетаниях, возможные компенсирующие мероприятия и их

сочетания, в статике или в динамике. Модели предполагают комплексный подход взаимосвязанной работы систем энергетики, существующих в них механизмов взаимозаменяемости и резервирования. Изучаемый подход также предполагает возможности комплексного использования разнородных моделей (например, потенциального применения моделей отдельных систем энергетики). Модели могут быть стохастичны, так как связаны с вероятным поведением объектов систем энергетики в различных условиях, с вероятностным характером проявления нештатных ситуаций различной природы, с неопределенностью или недостаточностью накопленных для этих случаев информации.

Поэтому возникает необходимость рассмотрения поведения систем энергетики в нестандартных ситуациях, в том числе с учетом фактора неопределенности, приводящая к цикличности проводимых вычислительных экспериментов, к трудоемкости проводимого анализа. Сложность исследований в данном случае традиционно состоит в многоитерационности процесса, подкрепляется главенствующей ролью экспертных оценок. Фактор неопределенности также зависит от экспертных оценок в силу субъективности выбора факторов риска. Учет неопределенности в сценариях реализации нештатных ситуаций способен внести некоторую объективность в исследование энергоснабжения потребителей.



## Оценка надежности топливо- и энергоснабжения территорий

Для определения надежности топливо- и энергоснабжения территорий применяется четырехэтапная схема модельной оценки, включающая следующие процессы:

I. Этап формализации задачи исследований.

1. Задание цели исследований, определение вида анализируемых ситуаций.
2. Задание схемы рассмотрения анализируемых ситуаций (последовательность их рассмотрения, возможность совместного моделирования в рамках текущей постановки задачи (детерминированный или вероятностный характер исследования, статика или квазидинамика).
3. Определение состава необходимой и достаточной для решения поставленной задачи территориально-производственной структуры, задание временного аспекта ее исследования.
4. Определение базовых условий исследования заданной территориально-производственной структуры (базового состояния систем энергетики) для моделирования анализируемых ситуаций.
5. Определение схемы и установок анализа последствий реализации рассматриваемых ситуаций (параметров и критериев анализа, правил оценки и интерпретации результатов анализа, территориального и отраслевого аспектов).

II. Этап формализации модели исследований.

1. Определение адекватной для решаемой задачи территориально-производственной структуры модели.
  - 1.1. Задание отраслевого и территориального состава модели. В случае квазидинамической модели – временных срезов.
  - 1.2. Для каждой системы энергетики обоснование уровня представления отраслевых объектов (подробная технологическая отраслевая схема или обобщенное общеэнергетическое представление), зада-

ние состава типовых объектов, их технологических процессов и характеристик (переменных и технологических коэффициентов модели).

- 1.3. Выделение взаимосвязанных внутриотраслевых процессов и межотраслевых связей, их модельная формализация.
- 1.4. Для заданной территориально-производственной отраслевой структуры формирование типовых балансовых и технологических уравнений модели, условий временных переходов.
- 1.5. Определение состава целевой функции модели, правил задания удельных затрат и штрафов (приоритетность технологий и энергоресурсов, ключевые численные со-

ЛЭП в период экстремальных морозов  
Источник: DesignPicsInc / Depositphotos.com



- отношения между стоимостными коэффициентами).
2. Определение необходимых и достаточных источников данных.
  - 2.1. Выбор форм статистической отраслевой отчетности с информацией для выбранной территориально-производственной структуры, выбор в них необходимых информационных единиц.
  - 2.2. Анализ полноты и согласованности выбранных форм, выделение возможности дополнительного определения данных на базе имеющейся информации.
  - 2.3. Проработка алгоритмов преобразования предметных данных из выбранных источников в модельные исходные данные.
  - 2.4. Выбор дополнительных источников для задания сценарных характеристик.
- III. Этап формирования исходной информационной базы модели исследований.
  1. Консолидация предметных данных из выбранных источников в структуры заданного формата.
  2. Верификация консолидированных предметных данных, определение недостающей для модели предметной информации.
  3. Преобразование предметных данных в модельные исходные (приведение однотипных предметных данных к единым единицам измерения, определение технологических коэффициентов модели, коэффициентов сезонной неравномерности).
  4. Обеспечение интеграции детализированных отраслевых схем в модель исследования за счет территориальной идентификации объектов данных схем, путем приведения заданных в них структур потребления к территориально-производственной структуре модели исследования.
  5. Валидация полученных модельных данных на этапе подготовки базового варианта функционирования систем энергетики.
- IV. Решение поставленной задачи на модели исследований.
  1. Формирование набора сценариев расчетных ситуаций для заданной схемы рассмотрения анализируемых ситуаций.

2. Проведение расчетов на модели исследований по сформированному набору расчетных ситуаций, формирование на их основе результирующей информационной базы модели.
3. Анализ сформированной результирующей информационной базы по отдельным расчетным вариантам для определения степени влияния данных ситуаций на эффективность функционирования отраслей, в том числе на региональном уровне.
4. Комплексная оценка расчетных сценарных вариантов в соответствии с заданными для решаемой задачи схемой и установками анализа.

В данной схеме четко прослеживаются основные составляющие любых модельных



Грозозащитный трос на ЛЭП 110 кв  
Источник: pixabay.com

исследований (задача исследования, определяющая последующие компоненты; модель исследования; информационная база исследований), отражена многоуровневая структура оценки надежности энергоснабжения территорий (рис. 1), включающая:

- модель ситуации – конечные численные корректировки, характеризующие последствия реализации НС, или сторонние модели, формирующие эти оценки;
- комплексную многоуровневую модель взаимодействующих энергосистем, каждый уровень которой – взаимодействующие объекты;



Рис. 1. Структура модельно-инструментальной оценки надежности топливо- и энергоснабжения территорий

- модель анализа, содержащую алгоритмы оценки состояний, критичности нештатной ситуации или объектов энергосистем на всем множестве расчетных состояний в соответствии с целевыми установками решаемой задачи;
- информационную базу исследований, включающую исходную предметную и модельную информацию, результаты расчетов и их анализа.

Ключевой компонент представленной структуры – адекватная модель взаимодействия систем энергетики, по сути метасистема региональных отраслевых структур с технологическими горизонтальными и вертикальными связями (рис. 2).

В этой метасистеме горизонтальные связи обеспечивают взаимодействие региональных отраслевых структур внутри одной энергосистемы. Они являются

элементом транспортной подсистемы конкретной отрасли энергетики, обеспечивающим межрегиональные и внешние поставки ресурса. Такие связи присутствуют в каждой энергосистеме на уровне отдельной региональной отраслевой структуры, обеспечивают взаимосвязь технологических объектов отрасли. Вертикальные связи гарантируют взаимодействие отдельных отраслевых структур внутри территориальной единицы, идентифицируют взаимодействие топливных отраслей с электро- и теплоэнергетикой. Каждая такая связь придает ТЭС и котельным статус потребителей соответствующих видов ТЭР внутри каждой территории.

При этом каждая топливная территориальная структура представлена источниками (объектами добычи и переработки), объектами хранения и транспортировки ресурса, различными категориями его потребителей. Объекты электро- и теплоэнергетики, в свою очередь, типизированы различными топливными и нетопливными источниками, сетью ЛЭП, территориальными потребностями в электроэнергии и тепле. Территориальные энергетические структуры каждой отрасли моделируются по конкретному «объектно-технологическому шаблону» (выделяются объекты определенного типа с определенным набором технологических характеристик).

На инструментальном уровне данная метасистема реализуется путем разбивки каждой энергосистемы на структурную (то-

**Возникает необходимость рассмотрения поведения систем энергетики в нестандартных ситуациях с учетом фактора неопределенности, приводящая к цикличности вычислительных экспериментов**

пологическую) и функциональную (технологическую) составляющие, позволяющие:

- на структурном уровне объединять отдельные системы в единую модель ТЭК;
  - на функциональном уровне – обеспечить распределение потоков энергоресурсов по системам, моделировать воздействие возмущений.
- Возмущения в данном случае моделируются цепочкой:
- реализация нештатной ситуации (удаление объекта из обобщенной структурной модели ТЭК или изменение функциональных параметров объекта);
  - обновление связей между системами с последующим перерасчетом функциональной модели.

Таким образом обеспечивается взаимосвязанная работа энергосистем для различных уровней территориальной иерархии в различных ситуациях, в рамках заданной в исследованиях отраслевой территориально-производственной структуры, в соответствии с ключевыми принципами моделирования общеэнергетических систем [2].

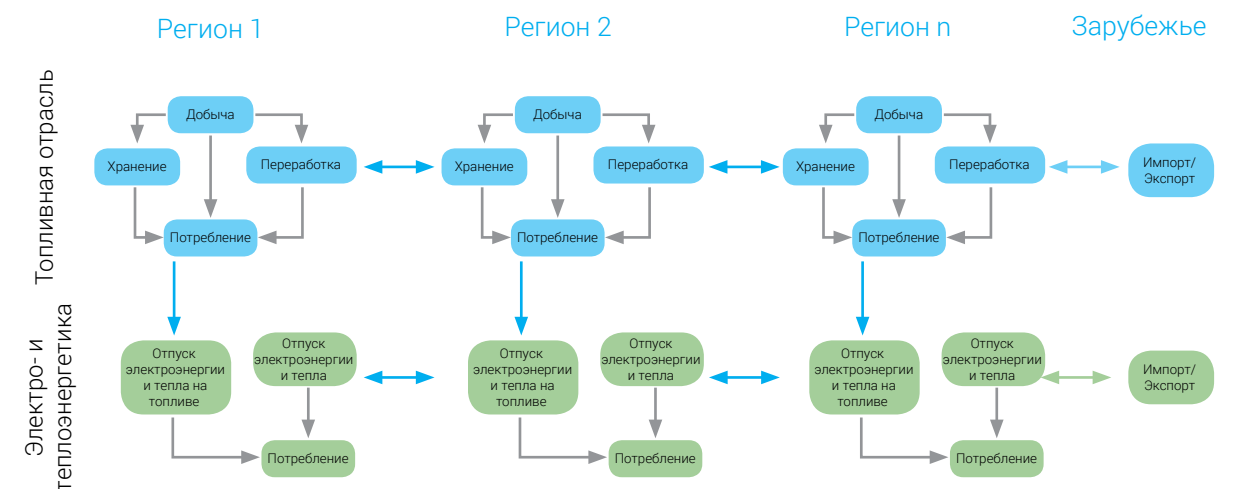
Приоритетность в производственной и транспортной структуре модели задается удельными затратами на функционирование объектов. Структура потребления регламентируется штрафами за недопоставку энергоресурсов. Определяются затраты и штрафы (коэффициенты целевой функции) исходя из обоснованных численных

**При определении коэффициентов затрат для электростанций учитывается приоритетность в топливе, последовательность режимов работы оборудования, возможности взаимозаменяемости топлива**

соотношений между технологиями модели, с учетом важности энергоресурсов в технологической цепочке преобразований в ТЭК. При определении коэффициентов затрат на производственные структуры для электрических станций также учитывается приоритетность в используемом топливе, последовательность режимов работы оборудования, возможности взаимозаменяемости топлива путем введения дополнительных численных соотношений. При формировании удельных затрат по транспортным инфраструктурам для оценки дополнительных резервных мощностей вводится коэффициент на увеличение расходов на искомые пропускные способности сетей.

При определении ущербов помимо важности энергоресурсов учитывается приоритетность категорий потребителей. Считается, что спрос на любой вид энер-

Рис. 2. Концептуальная схема формирования модели исследования при оценке надежности топливо- и энергоснабжения территорий





горесурсов более низкой категории потребителей уступает в потребности в любом виде энергоресурсов предыдущего более приоритетного потребителя. Чем выше значимость энергоресурса и потребителя, тем численно меньше штрафной коэффициент. При этом могут соблюдаться соотношения удельных ущербов на топливо и электроэнергию, на топливо и тепло, соотношение между удельными ущербами на тепло и электроэнергию. Учет этих соотношений позволяет сформировать необходимую структуру топливо- и энергопотребления.

В части анализа результатов расчета на используемой модели имеет смысл указать, что схема оценки обеспеченности территорий энергоресурсами:

- зависит от целевых установок исследований (глобальный или пространственный анализ, поиск критических элементов);
- характеризуется двухуровневостью и поэтапностью, включает анализ отдельных и всего множества расчетных состояний;
- является комплексной в плане совместного учета дефицитов отдельных энергоресурсов, дополненного анализом задействованной структурной избыточности;
- может быть расширена дополнительным статистическим анализом полученных результатов.

Конечным результатом анализа должны быть обобщенные оценки критичности нештатных ситуаций, перечень наиболее подверженных им территорий. Обобщенные оценки критичности формируются по всем рассматриваемым энергосистемам. Примеры определения оценок критичности объектов для отдельных территорий и перечень этих территорий приведены в [4,7].

**В модели могут соблюдаться соотношения удельных ущербов на топливо и электроэнергию, на топливо и тепло. Учет этого позволяет сформировать необходимую структуру топливо- и энергопотребления**



Городская котельная  
Источник: *asninfo.ru*

Применительно к информационной базе модельных исследований надежности энергоснабжения территорий следует отметить:

- совместное хранение в ней предметной и модельной информации (как правило, в универсальной математической трактовке);
- зависимость ее состава от смоделированной территориально-производственной отраслевой структуры;
- обязательность включения в нее необходимой технико-экономической и географической информации по отраслевым объектам и потребителям ТЭР с признаками видовой, отраслевой и территориальной принадлежности, включение текущих издержек на функционирование систем энергетики;
- включение проработанной информации о нештатных ситуациях, о возможных масштабах их проявления и влияния на отраслевые объекты;
- обязательность фиксации в ней промежуточных и итоговых аналитиче-

ских результатов для их дальнейшей интерпретации, экспресс-анализа похожих расчетных ситуаций.

Технически работа с информационной базой представлена процессами преобразования и верификации данных, процедурами формирования, расчета и анализа сценарных вариантов.

### Модельная оценка влияния отказов критически важных объектов газовой отрасли на надежность энергоснабжения потребителей

На основании ранее проведенных исследований [4 и др.] критически важными объектами предлагается считать предприятия, частичный или полный выход из строя которых в разных условиях может существенным образом снизить производственные возможности систем энергетики и топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в целом и привести к значительным дефицитам в поставках соответствующих видов энергии.

Цель модельной оценки заключается в определении критических для территорий отраслевых объектов (на примере газовой отрасли), комплексная оценка последствий их неработоспособности для конечных потребителей. Характер проводимых исследований – полный перебор детерминированных отключений важных объектов единой системы газоснабжения (ЕСГ) России на базе территориально-производственной модели функционирования ТЭК. Характерная особенность используемой версии модели – реализация технологической схемы ЕСГ России, моделирование режимов функционирования тепловых электростанций (ТЭС) и котельных. Территориальные единицы модели – субъекты РФ, временной аспект – суточный временной разрез. Базовый вариант модели – сбалансированные нагруженные январские сутки с активизированными суточными запасами топлива.

Ключевой акцент исследований сделан на оценке распределения резервов мощностей и запасов газа для покрытия суточных недопоставок электроэнергии и топлива различным категориям потребителей при отключении объектов единой системы газоснабжения (ЕСГ) страны. Конечный

результат исследований – перечень наиболее критичных для ТЭК объектов газовой отрасли, отказы которых могут вызвать недопоставки энергоресурсов в рассматриваемых субъектах РФ.

Проведение экспериментальных исследований выявило следующие моменты. Из 61 важных объектов газовой отрасли к наиболее критичным для ТЭК в целом по своим последствиям (величине дефицитов и коэффициентам значимости) отнесено 14 предприятий. Эти объекты отнесены к кризисной категории элементов (К). Отказ еще 13 объектов газовой отрасли показал их значимость для потребителей в зоне предкризиса (ПК). Подобное сокращение



Компрессорная станция Сальская  
Источник: «Газпром»

общего количества критически важных объектов газовой отрасли до 27 наиболее значимых для ТЭК предприятий стало следствием проявления системного фактора при совместном функционировании энергосистем. Оценка надежности энергоснабжения в данном случае проводилась по величине складывающихся дефицитов энергоресурсов, по получаемым коэффициентам значимости отключаемых объектов.

Распределение критически значимых для ТЭК страны объектов по федеральным округам страны оказалось различным по степени их влияния на потребителей (таблица 1). Наибольшее влияние отказов предприятий газовой отрасли выявилось на территориях Центрального и Приволж-

КВО	Федеральные округа						
	Северо-Западный	Центральный	Южный	Северо-Кавказский	Приволжский	Уральский	РФ
Количество КВО, всего	18	27	22	22	27	17	27
в т. ч. кризисная зона	6	14	14	14	14	6	14
предкризисная зона	12	13	8	8	13	11	13

Таблица 1. Распределение критически важных объектов в кризисной и предкризисной зонах по федеральным округам

ского федеральных округов, где большая часть потребителей по уровню надежности энергоснабжения оказалась в зонах кризиса и предкризиса, далее – Южный и Северо-Кавказский федеральные округа.

В целом, отказ критических объектов газовой отрасли наибольшим образом сказался на потребителях европейской части страны. Здесь количество субъектов в федеральных округах по зонам кризиса и предкризиса распределилось согласно таблице 2. В этой таблице числитель каждой ячейки – процент субъектов федерального округа, для которых критически важный для ТЭК страны объект тоже оказался кризисным. Знаменатель ячейки – процент субъектов федерального округа от всего количества регионов, в которых при отказе выделенного объекта складывались дефициты, характерные для предкризисной зоны.

Также следует отметить, что по полученным дефицитам энергоресурсов наблюдается разная значимость отключаемых объектов в зоне влияния ЕСГ России по территории страны. При этом взаимосвязанное функционирование отраслей повлияло и изменило приоритетность газовых критически важных объектов для ТЭК в целом. Дефициты, в силу необходимости полного обеспечения потребностей теп-

ла в отопительный период, складывались в части отпуска электроэнергии и поставок газа. Складывающиеся по федеральным округам дефициты у потребителей подробно показаны на рис. 3. Здесь приведены изменения значимости объектов для разных территорий с учетом конфигурации существующей ЕСГ страны. Значимость критически важных объектов в данном случае оценивается по относительным дефицитам энергоресурсов у потребителей федерального округа. Сибирский и Дальневосточный округа не входят в зону ЕСГ, поэтому отказы в газовой отрасли значительно не повлияли на энергоснабжение потребителей этих федеральных округов.

### Заключение

В статье показаны ключевые моменты оценки надежности топливо- и энергоснабжения отдельных территорий. Представлены разработанные схема исследований и схема формирования моделей для оценки энергоснабжения территориальных образований. Представленные схемы были апробированы для единичных отключений критически важных объектов газовой отрасли [5–6]. Представленные результаты получены при поддержке гранта РФФИ № 20–08–00367А.

Таблица 2. Распределение территорий по категориям кризисности (%)

ФО	КВО													
	1	2	3	4	5	6	7	8	18	20	22	23	24	48
Северо-Западный	-/22	-/11	-/22	-/22	-/11	-/	-/11	-/11	44/55	33/66	44/55	44/55	44/55	44/55
Центральный	17/23	17/35	41/5	35/5	17/23	17/23	17/23	29/11	76/17	70/17	82/11	76/173	70/23	64/23
Южный	28/28	28/28	14/28	14/2	28/28	28/28	28/28	57/14	100/-	100/-	100/-	100/-	100/-	100/-
Северо-Кавказский	71/14	71/14	85/14	71/14	71/14	71/14	71/14	57/14	57/-	57/-	71/-	57/-	57/-	57/-
Приволжский	14/43	14/43	14/35	14/35	14/43	14/43	14/43	7/35	85/7	92/-	85/7	64/28	71/21	71/21
Уральский	-/50	-/50	-/75	-/75	-/50	-/50	-/50	-/25	25/5	25/75	25/75	100/-	100/-	100/-

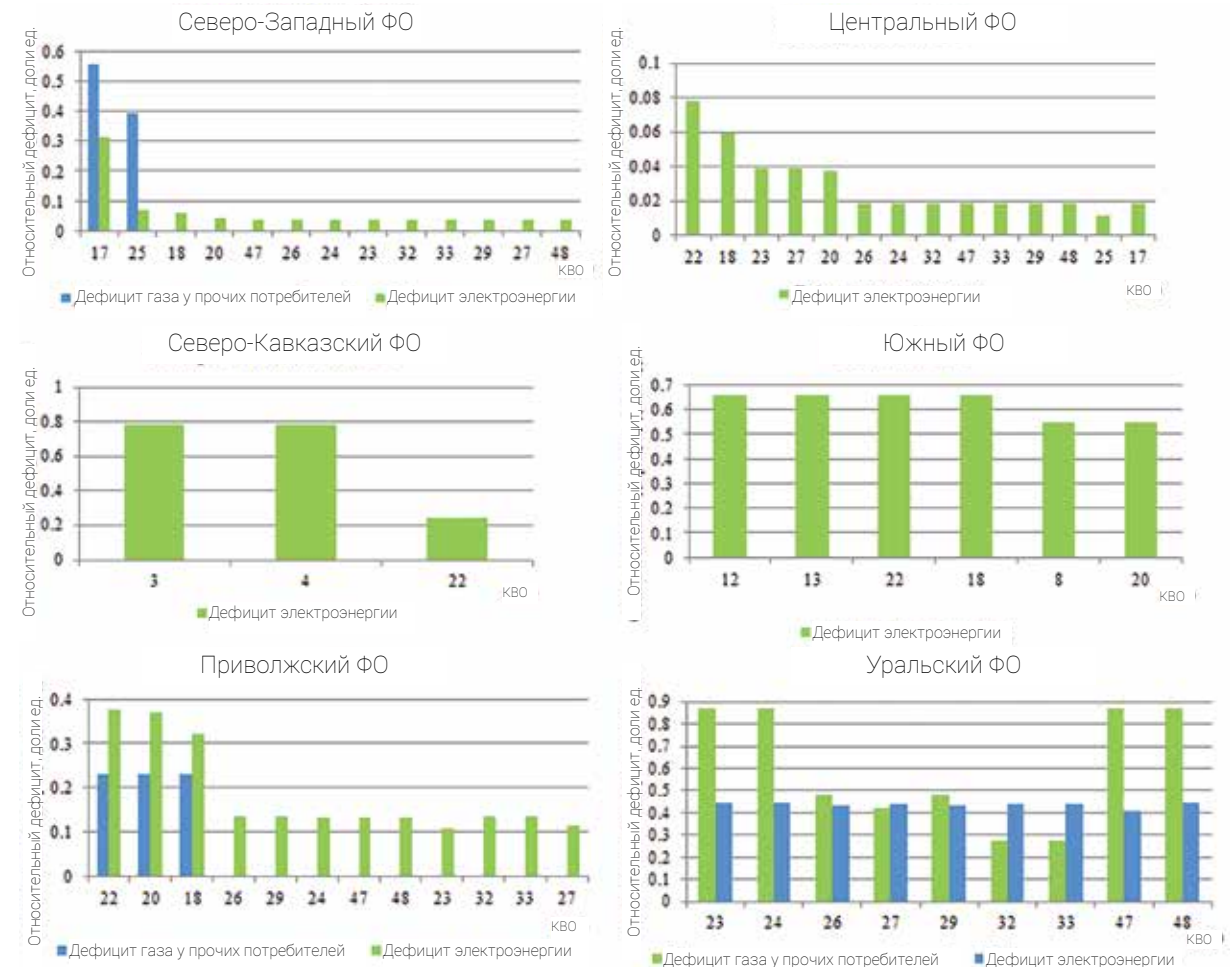


Рис. 3. Относительный дефицит энергоресурсов при отключении критических элементов газовой системы, доля ед.

### Использованные источники

- Иерархическое моделирование систем энергетики / под ред. Н.И. Воропая, В.А. Стенникова. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2020. 314 с.
- Еделева А.В., Береснева Н.М. Подход к моделированию функционирования взаимосвязанных систем энергетики в условиях возмущений и его программная поддержка // Программные продукты и системы. № 3, 2021. Т. 34. С. 561–566.
- Beresneva N.M. Features of critical facilities determining for the fuel and energy complex in research of fuel and energy supply reliability // E3S Web of Conferences 209, 06001 (2020) ENERGY-21.
- Береснева Н.М., Пяткова Н.И. Моделирование функционирования ТЭК при определении критически важных отраслевых объектов для надежного энергоснабжения // Известия РАН. Энергетика. №2, 2021. С. 39–49.
- Senderov S., Edelev A. Formation of a list of critical facilities in the gas transportation system of Russia in terms of energy security // Energy, 2019, Vol. 184, pp. 105–112.
- Senderov S.M., Vorobev S.V. Approaches to the identification of critical facilities and critical combinations of facilities in the gas industry in terms of its operability // Reliability Engineering & System Safety, 2020, V. 203.
- Пяткова Н.И., Береснева Н.М. Определение критических элементов топливо-энергетического комплекса с позиций надежного энергообеспечения // Известия РАН. Энергетика. №1, 2020. С. 72–81.



# Система коллективной энергобезопасности: международно-правовое измерение

## The system of collective energy security: an international legal dimension

Евгений КОРОВИН

Ведущий советник Департамента экономической безопасности в ТЭК Минэнерго РФ, аспирант кафедры международного права Российского государственного университета правосудия  
e-mail: ek969@yandex.ru

Evgeny KOROVIN

Leading Advisor of the Department economic security in the fuel and energy complex, Ministry of Energy of Russia, postgraduate student of the department international law Russian State University of Justice  
e-mail: ek969@yandex.ru

Здание ОПЕК

Источник: cnbc.com



Аннотация. В статье рассмотрены основные правовые и доктринальные подходы к формированию системы коллективной энергетической безопасности. При этом в работе особое внимание уделяется роли международных организаций-основоположников современной системы энергетической безопасности – ОПЕК и МЭА. С учетом международной практики разделения государств на два противоположных лагеря (государств-импортеров и государств-экспортеров энергоресурсов), в статье приводится теоретическое осмысление системы коллективной энергобезопасности.

*Ключевые слова:* коллективная энергетическая безопасность, стратегический запас нефтепродуктов, ОПЕК, МЭА, международное право, энергетический кризис.

Abstract. The article reveals the main legal and doctrinal approaches to the foundation of collective energy security system. Special attention is paid to two international organizations that were the founders of contemporary energy security system, the OPEC and the IEA. Taking into account the international practice of dividing states into two opposed camps (states importing and exporting energy resources), the article provides a theoretical understanding of the collective energy security system.

*Keywords:* collective energy security, strategic petroleum reserve, the OPEC, the IEA, the International Law, energy crisis.

“

**Сегодня энергетическая безопасность является интегральным показателем, характеризующим уровень развития энергетики страны**

Концепция общей коллективной безопасности получила развитие в XX–XXI веках, когда государства начали активно создавать военно-политические альянсы, призванные обеспечивать сохранение мира и безопасности в условиях биполярного противоборства. Так, в середине XX века были созданы НАТО и ОВД, затем были образованы ОБСЕ, ОДКБ, ГУАМ и иные организации, направленные на обеспечение безопасности группы государств. Коллективная безопасность, в какой бы то ни было области, обеспечивается совместными усилиями группы государств, ставит цель защиты экономических, поли-

тических, энергетических, военных и иных интересов группы государств, а конечной ее целью является защита ядра безопасности государств – их суверенитета. Отмечается, что данный феномен является одновременно результатом деятельности субъектов (государств и международных организаций) и, как следствие, – безопасностью, распределенной между участниками этой деятельности [1].

Особенностью энергетической безопасности является то, что ее одновременно можно рассматривать как элемент системы международной безопасности [2] и национальной безопасности государств [3]. Исторический словарь международных отношений содержит сведения о том, что одно из первых применений концепции энергетической безопасности состоялось, когда У. Черчилль распорядился, исходя из стратегических интересов Великобритании, использовать для нужд королевского ВМФ (UK Royal Navy) нефтепродукты, а не ископаемый уголь [4]. Таким образом, энергетическую безопасность связывают с достаточным объемом поставок ТЭР по доступным ценам, поскольку поставки нефтепродуктов в Соединенное Королевство были более экономически обоснованы, логистически проработаны, а также отвечали геополитическим интересам данного государства.

Н. И. Воропай и С. М. Сендеров определяют энергетическую безопасность как со-



Добыча нефти в Саудовской Аравии

Источник: [gionegro.com.ar](http://gionegro.com.ar)

стояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушений бесперебойности энергоснабжения [5]. А. А. Конопляник полагает, что в понятие международной энергобезопасности помимо безопасности предложения, спроса и транзита, следует включать борьбу с «энергетической бедностью» [6].

Сегодня энергетическая безопасность является интегральным показателем, характеризующим уровень развития энергетики страны (региона) [7]. Обеспечение энергетической безопасности становится

---

**Активное развитие концепция энергетической безопасности получила во время глобальных энергетических кризисов, когда государства вынуждены были продумывать сценарии выхода из них**

---

достаточно сложной задачей для большинства государств, так как многие страны сталкиваются с дефицитом надежных источников поставок энергоресурсов, которые не позволяют полностью обеспечить внутренний спрос и стимулировать внутренний рост экономики, что ведет к отставанию развития технологий ТЭК, «энергетической бедности» и окончательно приводит к снижению темпов экономического развития государств, деградации экспортного потенциала.

Д. Ергин, признанный эксперт в области энергетической безопасности, предлагает отойти от традиционного подхода к пониманию энергетической безопасности исключительно как обеспечение достаточного объема поставок энергоресурсов по рационально-обоснованным ценам. Теория, предложенная ученым, подразумевает рассмотрение системы энергетической безопасности в трех аспектах: способность обеспечить физическую безопасность инфраструктуры ТЭК, наличие доступа к энергоресурсам и принятие на национальном и международном уровнях комплекса правовых норм. По мнению ученого, в начале своего становления, система обеспечения энергетической безопасности была направлена, в первую очередь, на удовлетворение потребностей вооруженных сил

в энергоресурсах, однако текущее состояние энергобезопасности свидетельствует о существенном расширении сферы ее применения [8].

Поскольку процессы глобализации требуют координации действий государств на международном уровне, энергетическая безопасность обеспечивается путем принятия международных договоров в рамках международных организаций. Существующая в настоящее время система коллективной энергетической безопасности развивалась и окончательно сформировалась под эгидой двух фундаментальных международных организаций: Организации стран-экспортеров нефти (ОПЕК) и Международного энергетического агентства (МЭА). Таким образом, основной вклад в обеспечение коллективной энергетической безопасности вносят государства и международные организации. Отмечается, что решения органов международных организаций оказывают влияние на проведение единой энергетической политики [9]. Единая энергетическая политика является основным способом обеспечения коллективной энергетической безопасности, она выражается в принятии единообразных правил поведения субъектов. Таким юридическим инструментом активно пользуются в международных организациях с целью реагирования на вызовы и угрозы, поступающие в отношении системы энергобезопасности.

В первое время под концепцией энергетической безопасности понималась исключительно безопасность поставок энергоносителей, преимущественно нефтепродуктов. Так, в период до и некоторое время после Второй мировой войны энергетическая безопасность преимущественно была нацелена на удовлетворение потребностей военно-промышленного комплекса.

Активное развитие концепция энергетической безопасности получила во время глобальных энергетических кризисов, когда остро ощущалась нехватка нефтепродуктов, в связи с чем государства неоднократно вынуждены были продумывать сценарии выхода из кризисных ситуаций, разрабатывать схемы замены основных источников поставок энергоресурсов, а также продолжать «энергетический диалог» с целью уменьшения стоимости энергоресурсов. В общемировой практике государства неоднократно сталкивались с нарушением поставок энергоресурсов.

Так, произошедшая в 1951 г. национализация Ираном нефтяной промышленности пагубно сказалась на мировом энергобалансе и привела к отчуждению в пользу Ирана британских предприятий ТЭК.

Следующим этапом развития системы энергетической безопасности стал Суэцкий кризис 1956 г., последовавший за национализацией Египтом Суэцкого канала. В итоге из-за «энергетического эмбарго» западноевропейские государства, наряду с США, испытали острую нехватку минерального сырья, особенно нефтепродуктов. Однако на момент освещаемых событий какой бы то ни было реакции со стороны международных организаций не последовало.



Штаб-квартира МЭА

Источник: [uljot.com](http://uljot.com)

Нефтяной кризис 1973 г. был вызван решением государств-участников Организации арабских стран-экспортеров нефти (ОАПЕК) отказаться от поставок нефтепродуктов в некоторые западные развитые страны, включая США и Великобританию. В результате необходимости адаптации к сложившейся критической ситуации на рынке нефтепродуктов в 1974 г. по инициативе США под эгидой Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) было образовано Международное энергетическое агентство (МЭА). В этот же год государства-члены МЭА заключили соглашение о международной энергетической программе [10], которое является фундаментальным документом данной ор-



ганизации в сфере обеспечения коллективной энергетической безопасности.

Исходя из содержания преамбулы соглашения, энергетическая безопасность в рамках МЭА обеспечивается поставками нефтепродуктов на разумных и справедливых условиях (п. 1) и путем принятия ряда общих эффективных мер реагирования на сбои поставок нефтепродуктов (п. 2).

Главой I соглашения предусматривалось создание стратегического резерва топлива, соответствующее 90 дням чистого объема импортируемых нефтепродуктов. Стратегический резерв нефтепродуктов государств-участников МЭА включает в себя: а) нефтепродукты организаций ТЭК;



Добыча нефти в Северном море  
Источник: [imgur.com](http://imgur.com)

б) нефтепродукты, находящиеся в собственности государства и в) нефтепродукты специально уполномоченного национальным законодательством органа публичной власти (агентства) для целей сохранения запасов нефти. Глава II соглашения накладывает на государства обязательства по мере необходимости ограничивать внутренний спрос на нефтепродукты. Главой III соглашения предусматриваются меры по распределению ТЭР между странами-членами МЭА и ограничение вывоза энергоресурсов на глобальный рынок.

Уже сегодня МЭА рассматривает энергетическую безопасность не только в контексте обеспечения достаточного объема нефтепродуктов, но и электроэнергию,

атомной энергии, природного газа, ископаемого угля и иных видов энергоресурсов. Основой энергетической безопасности любых видов энергоресурсов выступает их рациональное использование [11]. Меры, предпринимаемые МЭА, направлены либо на повышение объемов импортируемых нефтепродуктов, либо на искусственное сокращение спроса на ТЭР. В общемировой истории лишь 3 раза государства-члены МЭА решили использовать стратегический резерв нефтепродуктов: в январе 1991 г. – как ответ на уменьшение количества ТЭР в результате вооруженного конфликта в Персидском заливе; в 2005 г. – в результате разрушительных последствий природных бедствий (ураганов). Последнее использование резервов нефтепродуктов произошло в 2011 г. как ответ на существенное сокращение объемов поставляемого из Ливии минерального сырья [12].

До сих пор МЭА играет руководящую роль в области обеспечения коллективной энергетической безопасности. Агентство среди основных параметров энергетической безопасности определяет бесперебойную надежность и доступность всех видов энергоресурсов [13]. Исходя из данного определения, доступность энергоресурсов определяется существующим объемом поставок, а угроза энергетической безопасности представляет собой недостаточный объем производимых энергоресурсов, не позволяющих удовлетворить базовые потребности государств.

С момента своего создания МЭА традиционно рассматривается как альтернатива созданной в 1960 г. ОПЕК. Согласно статуту, ОПЕК является международной организацией, основная цель – унификация нефтяной политики и координация государств [14]. Важным направлением деятельности является стабилизация цен на нефтепродукты и защита интересов государств-экспортеров ТЭР на основе принципа равноправия государств.

Руководствуясь статьей 2 статута ОПЕК, можно заключить, что основой обеспечения энергетической безопасности в рамках данной организации является блок мер, направленный на достижение глобальной ценовой стабилизации на энергоресурсы, обеспечение поставок нефтепродуктов странам-импортерам в достаточном объеме и по нормальным рыночным ценам, а также развитие системы инвестиций в ТЭК. Принимая во внимание большую

долю в общемировой добыче и экспорте нефтепродуктов, составляющую 79,4% [15], перед ОПЕК в первую очередь стоит цель защиты прав государств-экспортеров. Посредством применения внутреннего юридического механизма, регулирования объема экспорта, создания специальных условий поставок нефтепродуктов в развивающиеся страны, будет продолжаться отстаивание интересов основоположников ОПЕК – государств-экспортеров топливно-энергетических ресурсов.

Основной блок правовых норм, оказавших влияние на становление системы коллективной энергетической безопасности в ОПЕК был принят по итогам встреч глав государств в Алжире (1975 г.), Каракасе (2000 г.) и Эр-Рияде (2007 г.) [16].

Внеочередная встреча глав государств-участников ОПЕК в 1975 г. была вызвана необходимостью модернизации модели правового регулирования системы энергетической безопасности в ОПЕК в результате глобального нефтяного кризиса. По итогам встречи была принята первая декларация, в которой за государствами признавался суверенитет в отношении их природных богатств (в части права собственности, разработки недр и установления цен) (ст. 1), констатировалась

Каракас, Венесуэла

Источник: [chimtheadventures.com](http://chimtheadventures.com)



## МЭА рассматривает энергобезопасность не только в контексте обеспечения достаточного объема нефтепродуктов, но и электроэнергии, атомной энергии, газа, угля и иных видов энергоресурсов

существующая экономическая асимметрия между развивающимися странами и государствами-лидерами в области добычи нефтепродуктов (ст. 2), предусматривалась коллективная система реагирования на угрозы со стороны других государств, в том числе и в случае совершения акта агрессии (ст. 3).

В отношении развивающихся стран предусматривалась продажа нефтепродуктов на особых условиях и по стоимости, ниже предлагаемой для развитых стран, применялась система кредитования и предоставления займов государствам, находящимся в уязвимом финансовом положении



## Глобальная энергетическая безопасность зачастую зависит от финансовой способности государств осуществлять покупку энергоресурсов, на чем неоднократно акцентировало внимание ОПЕК с 1975 г.

(ст. 4, ст. 9), применялись меры по сохранению природных ресурсов и сокращению объема их использования (ст. 6). Кроме того, в документе указывалось на недостатки искусственного занижения стоимости экспортируемых ТЭР (ст. 7) и предусматривалось экономическое сотрудничество государств-членов ОПЕК в части добычи и производства, накопления, ценообразования и торговли энергоресурсами (ст. 13).

В 2000 г. по итогам саммита в Каракасе была принята вторая декларация, включающая следующие направления обеспечения энергетической безопасности в ОПЕК: система коллективной и индивидуальной защиты интересов (ст. 2, 5, 6, 7), блок мер, направленных на обеспечение безопасности поставок нефтепродуктов (ст. 3), повышение роли нефтепродуктов в общей структуре энергоресурсов (ст. 4). Новеллой декларации 2000 г. стало внедрение принципа взаимодействия между государствами-поставщиками и потребителями нефтепродуктов (ст. 9) и мер по предупреждению негативного воздействия на окружающую среду (ст. 10, 11).

Наряду с вышесказанным, глобальная энергетическая безопасность зачастую зависит от финансовой способности государств осуществлять покупку энергоресурсов, на чем неоднократно акцентировало внимание ОПЕК с 1975 г. В этой связи, статьей 13 второй декларации принимается ряд мер, направленных на стимулирование покупательной способности развивающихся стран. Важным направлением обеспечения безопасности поставок нефтепродуктов в ОПЕК является диалог с государствами по снижению налоговых ставок на импортируемые товары и устранение экономических барьеров в государствах-импортерах (ст. 15, 16).

Третья декларация ОПЕК 2007 г. подтверждает суверенитет государств над их природными ресурсами. При всем при этом, декларация формирует три основных повестки по вопросам обеспечения энергетической безопасности: стабильность мировых рынков энергоресурсов, энергетика для устойчивого развития, энергетика и экология.

В рамках первого направления в понятие коллективной энергобезопасности включают надежность, доступность поставок энергоресурсов, развитие конкуренции, борьбу с экономическим неравенством, программу инвестирования в ТЭК государств-членов, координацию и консультацию с государствами-производителями нефтепродуктов, укрепление диалога с государствами-импортерами. Отдельно отмечается, что энергетическая безопасность обеспечивается сотрудничеством государств-импортеров и государств-экспортеров, в этой связи любые законодательные меры, направленные на прекращение такого сотрудничества, считаются неприемлемыми, поскольку оказывают пагубное влияние на коллективную энергобезопасность. Второе направление представлено мерами экономического, социального и экологического характера: борьба с дефицитом денежных средств развивающихся стран и предоставление кредитов и займов государствам через Фонд международного развития ОПЕК. Третье направление представлено декларативными мерами по борьбе с загрязнением атмосферы, при этом не предусмотрено создание реально

Морская нефтяная платформа  
Источник: Xmentosys / Depositphotos.com



Взрыв нефтепровода в Нигерии  
Источник: epochoil.com

действующего природоохранного юридического механизма.

Таким образом, история становления коллективной энергетической безопасности связана с вызовами и угрозами, которые появлялись в результате энергетических кризисов. Доминирует позиция, что нефтяные кризисы 70-х гг. XX в. были вызваны единообразной политикой государств-членов ОПЕК, выраженной в селективной продаже ТЭР на глобальном рынке энергоресурсов [17]. В 1970-х основное направление обеспечения энергетической безопасности было нацелено на вывод государств из кризисов, следствием которых являлась нехватка ТЭР (в первую очередь нефтепродуктов). В этот период происходит становление международных организаций, принятие нормативно-правовой базы, предоставляющее государствам некую степень защищенности в случае кризиса. В настоящее время все более пристальное внимание в рамках обеспечения коллективной энергетической безопасности уделяется недопущению повторения кризисных сценариев. Кроме того, под традиционным пониманием энергетической безопасности как исключительно комплекса мер в сфере безопасности поставок нефтепродуктов, сегодня понимают не только меры в отношении нефтепродуктов, но и электрической энергии, природного газа, каменного угля, ВИЭ и других менее распространенных видов энергоресурсов.

В условиях изменчивости глобально рынка энергоресурсов важно иметь

юридические гарантии защищенности национальной экономики и межгосударственных торговых объединений. С целью минимизации или ликвидации угроз в сфере энергетики сложилась система обеспечения коллективной энергетической безопасности. Субъектами, обеспечивающими энергетическую безопасность, являются интеграционные объединения, международные организации и государства. Преимущественно наибольший вклад в развитие и поддержание коллективной энергетической безопасности традиционно вносят международные организации во главе с ОПЕК и МЭА. Исторически сложилось, что отдельно взятые государства, будучи не в состоянии противостоять негативным глобальным процессам в сфере энергетики (например, «энергетическим эмбарго») вынуждены были организовать объединение под эгидой международной организации, защищающей их интересы.

Систему коллективной энергетической безопасности следует понимать как совокупность международных организаций, интеграционных объединений и не имеющих статуса международных объединений, осуществляющих в соответствии с выраженной в международных договорах волей первичных субъектов международного права – суверенных государств мер по стабилизации ценовой политики, регулированию объема импорта и экспорта минерального сырья, направленных на обеспечение энергетического баланса в общемировом масштабе.

В современном мире все более выраженный характер приобретают не классические вооруженные конфликты, а новый феномен XXI века – гибридные угрозы, которые могут быть направлены на объекты ТЭК (например, кибератаки на критическую инфраструктуру энергосистемы

**В условиях изменчивости глобального рынка энергетических ресурсов важно иметь юридические гарантии защищенности национальной экономики и межгосударственных торговых объединений**





Штаб-квартира МЭА

Источник: iaea.org

государства). Наряду с вышесказанным, нельзя отрицать тот факт, что такие традиционные международные преступления, как террористические акты, причинение умышленного ущерба окружающей среде и вооруженное нападение на объекты жизнеобеспечения, включая разрушение и приведение в негодное для эксплуатации состояние объектов ТЭК государств, все же имеют место.

Принимая во внимание практику разделения международного сообщества на «мир производителей» и «мир потребителей» [18], угрозы коллективной энергетической безопасности следует определять исходя из положения субъектов, ее обеспечивающих.

Для блока государств-экспортеров ТЭР, представленных ОПЕК, угрозами являются недостаточный спрос на ТЭР, применение импортерами таможенных барьеров, а также искусственное занижение цены на глобальном энергетическом рынке. Для группы государств-импортеров ТЭР базовой международной организацией является МЭА, а угрозами выступают избирательная продажа нефтепродуктов, ценовые флуктуации, отсутствие или рудиментарное развитие энергетической инфраструктуры. В общемировом масштабе угрозами коллективной энергетической безопасности выступают сокращение месторождений энергоресурсов, экологические проблемы,

### Учитывая практику разделения на «мир производителей» и «мир потребителей», угрозы коллективной энергобезопасности следует определять исходя из положения субъектов, ее обеспечивающих

отсутствие консенсуса между импортерами и экспортерами по принципиальным вопросам поставок ТЭР, вооруженные конфликты и террористические акты, направленные на объекты ТЭК.

Можно выделить следующие принципы системы коллективной энергетической безопасности: суверенитет государств над их природными богатствами; организационное единство участников системы коллективной энергетической безопасности, выраженное в проведении единой или общей политики; открытая и предсказуемая система торговли ТЭР; недискриминационная ценовая политика по отношению к развитым и развивающимся странам; неизбирательный подход (сведение к минимуму геополитических предпочтений) при реализации объемов ТЭР на мировом рынке; свобода инвестирования и гарантии возврата инвестиций, вложенных в развитие ТЭК; равноправие государств при

осуществлении взаимовыгодного сотрудничества; применение минимальных экологических стандартов; развитие альтернативных источников энергии; недопущение вооруженного посягательства на объекты энергосистем государств.

Коллективная безопасность включает в себя два измерения: внутреннее и внешнее. Оба этих измерения взаимосвязаны между собой, и лишь их сочетание и применение приводит к созданию стандартов энергетической защищенности мирового сообщества. Внутренние правовые меры принимаются в рамках той или иной международной организации (например, в МЭА и ОПЕК). Как правило, это система реагирования на кризисные ситуации, сбои, асимметрии на глобальном энергетическом рынке. Среди примеров применения данной системы можно привести сценарий создания стратегического резерва нефтепродуктов в МЭА. Кроме того, внутренние меры зачастую состоят в принятии механизма рационального распределения (аллокации) ТЭР внутри международной организации. Внешние меры направлены на создание архитектуры эффективного взаимодействия с государствами-импортерами ТЭР. Так, в рамках внешнего измерения, активно применяются меры по снижению таможенных пошлин и иных сборов при импорте нефтепродуктов, создаются условия по предоставлению кредитов и займов государствам, оказавшимся не в состоянии оплачивать минимальный объем ТЭР, необходимый для функционирования национальной экономической системы.

## Использованные источники

1. Иншаков С.М. Международная безопасность: право силы против силы права // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки. №2 (831), 2019. С. 180–192.
2. Proniška K. Energy and security: regional and global dimensions // SIPRI yearbook 2007. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sipri.org/sites/default/files/YB07%20215%2006.pdf>
3. Горшукова Ю.Д. Международно-правовые аспекты обеспечения европейской энергетической безопасности // Дисс. канд. юрид. наук. М., 2011.
4. Lamb P., Robertson-Snape F. Historical Dictionary of International Relations // Rowman & Littlefield Publishers. 2017. P. 104.
5. Воропай Н.И., Сендеров С.М. Энергетическая безопасность: сущность, основные проблемы, методы и результаты исследований // Открытый семинар ИНП РАН «Экономические проблемы энергетического комплекса». М., 2011. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/seminar/energo/z119.pdf>
6. Конопляник А.А., Руснак У. Эволюция модели энергобезопасности. Россия и ДЭХ: не остаться на обочине // Нефтегазовая вертикаль. № 10, 2015. С. 14–21.
7. Гасникова А.А. Энергетическая безопасность в системе экономической и национальной безопасности // Конференция «Темпы и пропорции социально-экономических процессов в регионах Севера. Лузинские чтения –2007. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.energsovet.ru/stat325.html>
8. Yergin D. The Quest. Energy Security, and the Remaking of the Modern World // Penguin Publishing Group. 2011. 832 p.
9. Гликман О.В. Роль международного права в обеспечении интересов России в рамках энергетического сотрудничества с евразийскими государствами // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. № 4, 2021. С. 176–180.
10. UN Treaties. Agreement on an International Energy Program. Concluded at Paris on 18 November 1974. [Электронный ресурс]. – URL: <https://treaties.un.org/doc/Publication/UNTS/Volume%201040/volume-1040-A-15664-English.pdf>
11. International Energy Agency. World Energy Outlook 2021. [Электронный ресурс]. – URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/88dec0c7-3a11-4d3b-99dc-8323ebfb388b/WorldEnergyOutlook2021.pdf>
12. U.S. Department of Energy. Office of fossil energy and carbon management. Strategic Petroleum reserve. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.energy.gov/fecm/strategic-petroleum-reserve-6#2011-IEA-Coordinated-Release>
13. International Energy Agency. Energy Security. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iea.org/topics/energy-security>
14. OPEC Statute. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/OPEC\\_Statute.pdf](https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/OPEC_Statute.pdf)
15. OPEC share of world crude oil reserves, 2018. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.opec.org/opec\\_web/en/data\\_graphs/330.htm](https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm)
16. OPEC Solemn Declarations. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/Solemn\\_Declaration\\_I-III.pdf](https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/Solemn_Declaration_I-III.pdf)
17. Verrastro F., Caruso G. The Arab Oil Embargo – 40 Years Later // Center for Strategic & International Studies (CSIS). 2013. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.csis.org/analysis/arab-oil-embargo-40-years-later>
18. Валиахметова Г.Н. Проблемы энергетической безопасности в Азии // Проблемы востоковедения. №4 (70), 2015. С. 16–21.

# Строительное информационно-энергетическое моделирование

## Building information-energy modeling

Галина ДРОЗДОВА  
BIM-Координатор, бакалавр  
кафедры Информационных систем,  
технологий и автоматизации  
в строительстве НИУ МГСУ  
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Galina DROZDOVA  
BIM-Coordinator, Bachelor of the Department of  
Information Systems, Technologies and Automation  
in Construction, MGSU  
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Софья ЕРШОВА  
Специалист 2 разряда отдела  
«Строительство промышленных  
объектов и объектов инфраструктуры»  
Департамента ПГС Минстрой России,  
магистрант кафедры Информационных  
систем, технологий и автоматизации  
в строительстве НИУ МГСУ  
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Sofia ERSHOVA  
Specialist of the 2nd category of the department  
«Construction of industrial facilities and  
infrastructure facilities» of the Department  
of PGS of the Ministry of Construction of  
Russia, master's student of the Department  
of Information Systems, Technologies and  
Automation in Construction of MGSU  
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Валерия НИКОЛАЕВА  
Магистрант кафедры Информационных  
систем, технологий и автоматизации  
в строительстве НИУ МГСУ  
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Valeria NIKOLAEVA  
Master's student of the Department of Information  
Systems, Technologies and Automation in  
Construction of MGSU  
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Любовь ШИЛОВА  
Доцент кафедры Информационных  
систем, технологий и автоматизации  
в строительстве НИУ МГСУ, к. т. н.  
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Lyubov SHILOVA  
Associate Professor of the Department of  
Information Systems, Technologies and Automation  
in Construction of MGSU, Ph.D.  
e-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

Аннотация. В работе представлен обзор актуальных проблем и вопросов в части использования технологий информационно-энергетического моделирования. На практическом примере проиллюстрировано использование технологии энергетического моделирования зданий совместно с технологиями информационного моделирования. Отмечено, что в зависимости от квалификации специалиста формирование отчета по оценке энергоэффективности здания любой сложности занимает в программе от нескольких дней до нескольких часов, что подтверждает эффективность ее использования. Кроме того, использование специализированного программного обеспечения позволяет автоматизировать процесс получения энергетического паспорта здания, что позволит предположить класс энергосбережения здания и, при необходимости, получить раздел «Энергоэффективность» для согласования проектной документации в экспертизе.

*Ключевые слова:* технологии информационного моделирования, моделирование энергопотребления строительного объекта, Индустрия 4.0.

Abstract. The paper presents an overview of problems in terms of the use of information-energy modeling technologies. A practical example illustrated the interconnection of building energy modeling with building information modeling. It is noted that, depending on the qualifications of a specialist, the formation of a report on the assessment of the energy efficiency of a building of any complexity in the program takes from several days to several hours, which confirms the effectiveness of its use. In addition, the use of specialized software makes it possible to automate the process of obtaining an energy passport for a building, which will allow us to assume a class of energy saving for a building and, if necessary, obtain a section «Energy efficiency» for approval in the examination of design documentation.

*Keywords:* building information modeling, building energy modeling, Industry 4.0.



### Комплекс мероприятий для повышения энергоэффективности зданий можно разработать с применением энергетического моделирования

#### Введение

Сегодня фокус общественного внимания направлен на обеспечение безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной или иной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в инте-

ресах настоящего и будущего поколений. Такой подход заложен в концепцию устойчивого развития, которая включает в себя 17 целей и обеспечивает сбалансированность трех компонентов: экономического, социального и экологического.

Одной из ключевых задач данной концепции является обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населенных пунктов. В этой связи много внимания уделяется разработке мероприятий, направленных на сокращение выбросов углекислого газа в атмосферу.

В строительной отрасли в целях обеспечения системы мониторинга расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданием принято решение о необходимости разработки энергетического паспорта проекта здания, который подразумевает установление соответствия теплозащитных и энергетических характеристик здания нормируемым показателям, определенным в действующих нормах и (или) требованиях энергетической эффективности объектов капитального строительства, определяемых федеральным законодательством.





Проект энергоэффективного дома

Источник: steauarosie / Depositphotos.com

Комплекс мероприятий для повышения энергоэффективности зданий можно разработать с применением энергетического моделирования, которое используется также для оценки энергетической и финансовой эффективности конструктивных решений на этапе проектирования объектов капитального строительства (ОКС). В России данный подход считается относительно новым, однако в Европе и США это направление развивается достаточно давно, что подтверждается значительным ростом числа публикаций по этой тематике. За рубежом энергетическое моделирование стро-

ительных объектов переросло в отдельное инженерное направление, являющееся обязательным этапом проектирования. В России исследования в этом направлении находятся в стадии становления, так как для отечественных специалистов оно пока является довольно новым. С помощью библиометрической программы VOSviewerTM можно визуально представить направления в области энергетического моделирования, вызывавшие наибольший интерес на основе анализа выборки научных публикаций за прошедший год. Энергомоделирование связано с рядом технологий Индустрии 4.0 – четвертой промышленной революцией и включает в себя собирательные понятия таких технологий, как технологии информационного моделирования зданий, интернет вещей, виртуальная и дополненная реальность, 3D-печать, печатная электроника, искусственный интеллект и пр. [1]

Мы исследуем взаимосвязь моделирования энергопотребления ОКС и технологий информационного моделирования, как новое перспективное направление «Информационно-энергетическое моделирование» в области создания информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве.

**В строительстве в целях обеспечения мониторинга расхода тепла на отопление и вентиляцию зданием принято решение о необходимости разработки энергетического паспорта проекта здания**

## Информационное моделирование объектов капитального строительства

Информационное моделирование здания (Building informational modelling (BIM)) предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, финансовой и иной информации об объекте со всеми её взаимосвязями и зависимостями. [2] Технология охватывает все этапы жизненного цикла сооружения: от планирования, составления технического задания, проектирования и анализа, до выдачи рабочей документации, строительства, эксплуатации, ремонта и демонтажа.

Понятие информационной модели здания впервые появилось в 1975 году в журнале Американского института архитекторов (AIA) и носило название Building Description System (система описания здания). Позднее в Соединенных Штатах стал использоваться еще один термин – Building Product Model (строительная модель продукта), а в Европе – Product Information Model (информационная модель продукта). Несмотря на то, что эти термины были ориентированы больше на объект проек-

## Информационное моделирование здания предполагает сбор и обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, финансовой информации об объекте

тирования, нежели на сам процесс, они напрямую отображают тот смысл, который сегодня заложен в процесс использования технологии информационного моделирования. Привычный нам термин Building Information Modeling был введен Р. Эйши в 1986 году. Ученым сформулированы основные принципы информационного моделирования, основанные на идее автоматизации всех этапов проектирования объектов капитального строительства и связей между ними [3].

Технологии информационного моделирования обеспечивают эффективное управление данными во время выполнения про-

Строительство жилого дома

Источник: shock / Depositphotos.com



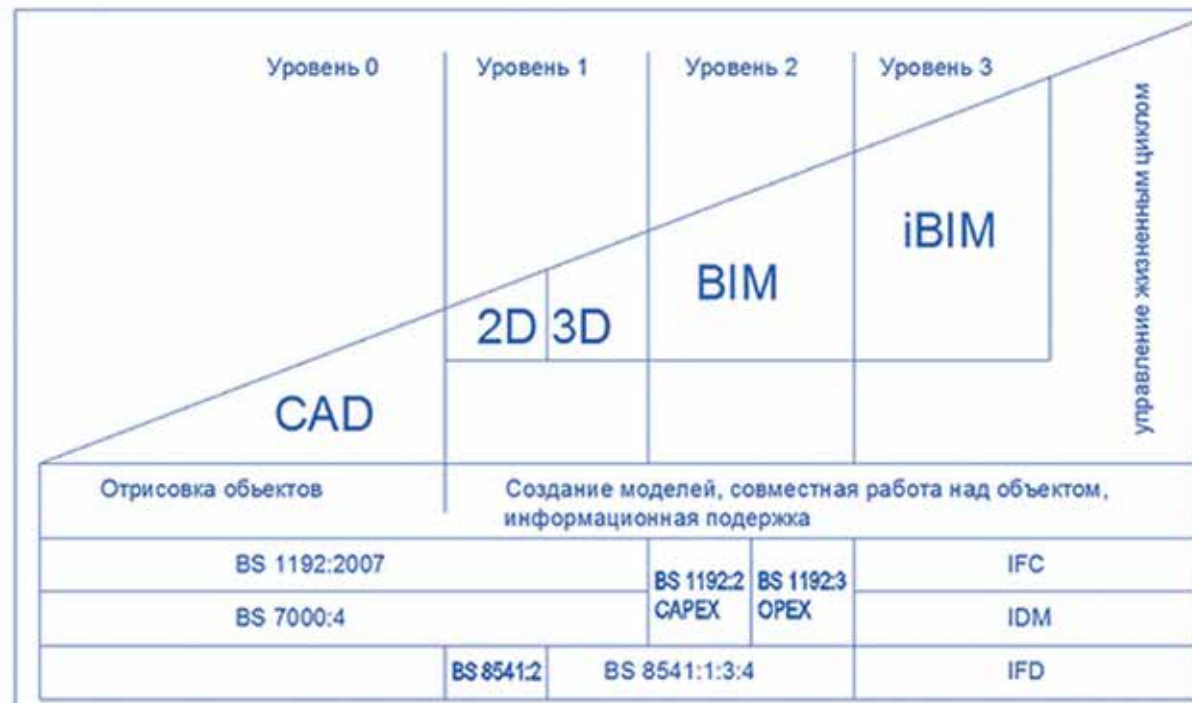


## Ученым сформулированы основные принципы информационного моделирования, основанные на идее автоматизации всех этапов проектирования объектов капитального строительства и связей между ними

екта на различных этапах его жизненного цикла. Безусловным преимуществом технологий информационного моделирования является возможность проверки и оценки различных конструктивных решений объекта до начала строительных работ, что позволяет значительно сократить возможные финансовые и временные потери.

В то же время необходимо отметить, что сегодня выделяют несколько уровней зрелости технологий информационного моделирования. Модель Бью-Ричардса, представленная на рис. 1, различает несколько уровней развития BIM-технологий.

Рис. 1. Уровни зрелости технологий информационного моделирования



Проведенный в [4] анализ ПО, подтвердил, что в настоящее время ни одно из решений не может оказывать полную поддержку объекта на стадии эксплуатации. Все это, безусловно, является стимулом для реализации новых исследований и создания новых решений в рассматриваемой области.

### Моделирование энергопотребления объектов капитального строительства

Оценить энергоэффективность здания позволяет Building Energy Modeling (BEM) – моделирование энергопотребления строительного объекта, его энергетического баланса.

Для планирования энергопотребления здания необходима математическая модель, которая должна содержать архитектурную модель, связанную с инженерными системами здания. Такая взаимосвязь заложена в алгоритме расчета специализированного программного обеспечения, основанного на физике процессов. Энергетическая модель здания позволяет проанализировать ресурсопотребление объекта капитального строительства с учетом пиковых нагрузок и позволяет оценить:



Современный умный дом

Источник: houseclever.ru

- энергопотребление и выбросы углерода зданием с разной периодичностью (в течение года, по месяцам, дням и часам);
- термические характеристики (расчет отопительных и холодильных нагрузок, анализ тепловыделения, оборудования и пр.);
- инсоляцию и пр.

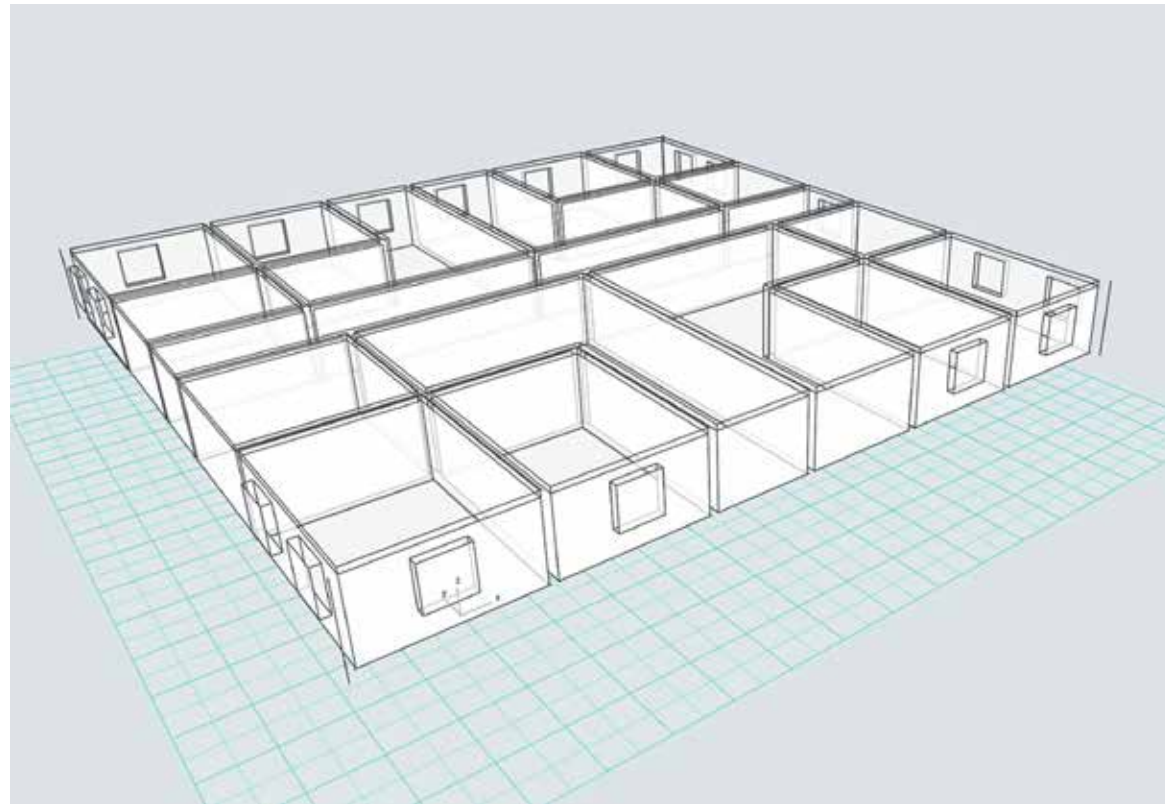
Достоверность энергетических моделей заключается в том, что при ее разработке учитывается геометрия объекта, технические характеристики конструктива здания, инженерных решений, местоположения объекта, его ориентации, климатических условий эксплуатации объекта и даже количества людей, находящихся в нем.

### Результаты применения технологии информационно-энергетического моделирования

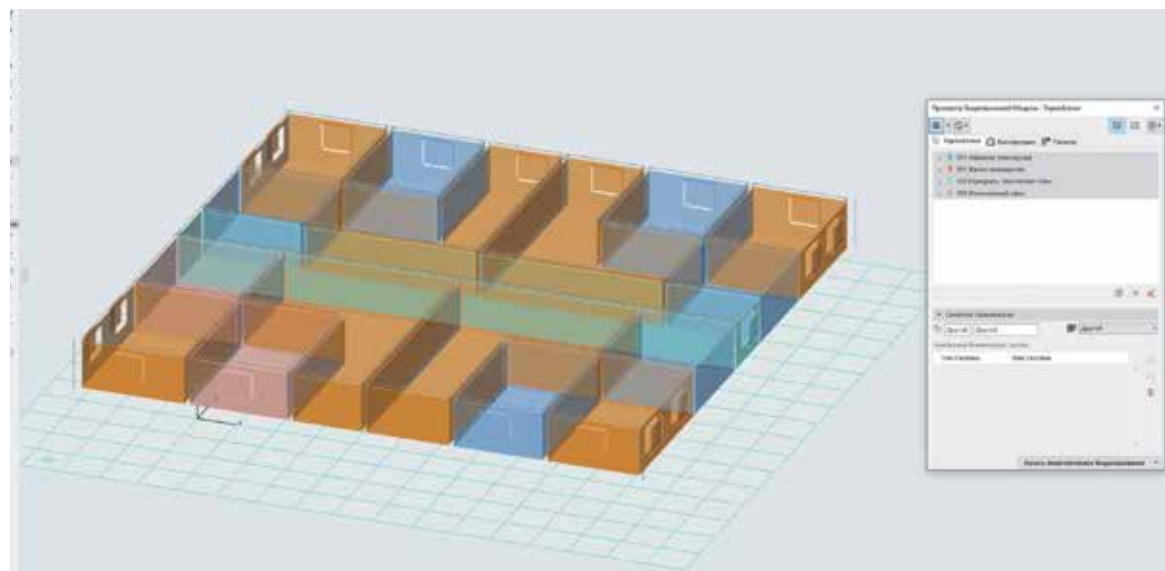
В представленном исследовании технологии информационного и энергетического моделирования (с использованием ПО ArchiCad) применены для оценки энергоэффективности железобетонной одноэтажной постройки, которая в последствии может быть использована как самостоятельно, так и в составе малоэтажной или многоэтажной застройки.

**Преимуществом технологий информационного моделирования является возможность проверки различных конструктивных решений до начала строительства, что позволяет значительно сократить потери**





а



б

Рис. 2. Информационная (а) и энергетическая (б) 3D-модель типового этажа здания с описанием термоблоков

Источник:  
данные авторов

На первом этапе была создана модель проектируемого здания: прорисованы конструкции, составляющие корпус здания, и оконные проемы, а также основные внутренние конструкции, образующие существенную теплоаккумулирующую массу (рис. 2, а), затем были внесены параметры окружающей среды: расположение, климат и др. По итогам ввода всех необходимых параметров можно создать энергетическую модель объекта (рис. 2, б).

Далее с использованием встроенной надстройки в ПО формируется отчет по оценке энергетической эффективности проектируемого объекта с заданными ранее параметрами и характеристиками. Расчетные значения исследуемого объекта по 6 ключевым показателям представлены на рисунках ниже (рис. 3, а, б, в).

При этом, закладывая большее количество параметров в проектируемый объект, можно получить более детальный и достоверный результат по ОКС.

## Выводы

Информационно-энергетическое моделирование ОКС является перспективной технологией, которая позволяет разработать комплекс мероприятий для повышения энергоэффективности зданий. Технологии информационного моделирования позволяют создавать конструктивные модели для проведения расчета энергопотребления объектов капитального строительства.

Для оценки энергоэффективности здания в представленной работе использовалась встроенная в ArchiCAD надстройка

Рис. 3. Отчет по оценке энергетической эффективности проектируемого объекта по 6 ключевым показателям (а – ключевые значения энергопотребления источниками; б – энергопотребление целей; в – энергобаланс, термоблоки и воздействие на окружающую среду)

## а Оценка энергетической эффективности [Номер Проекта] [Наименование Проекта]

### Ключевые Значения

<b>Общие Проектные Данные</b>		<b>Коэффициенты</b>	<b>U-значение [Вт/м²К]</b>
Наименование Проекта:		Среднее по Оболочке:	17,01
Расположение Города:		Этажи:	1,55 - 4,92
Широта:	55° 45' 0" С	Наружная Часть:	3,51 - 25,00
Долгота:	37° 35' 0" В	Подземная Часть:	--
Высота над Ур. Моря:	0,00 м	Проемы:	2,11 - 3,23
Климатические Данные:	RUS_M...C.epw		
Дата Оценки:	05.04.2021 21:42		
<b>Геометрия Здания</b>		<b>Удельные годовые значения</b>	
Общая Площадь Пола:	2666,37 м²	Чистая Энергия	0,00 кВт.ч/м²год
Измеренная Площадь Пола:	2396,01 м²	Чистая Энергия	0,00 кВт.ч/м²год
Площадь Оболочки:	2351,14 м²	Суммарная Чистая	0,00 кВт.ч/м²год
Вентилируемый Объем:	5989,91 м³	Потребитель:	12,22 кВт.ч/м²год
Коэффициент Остекления:	4 %	Расход Топлива:	12,22 кВт.ч/м²год
		Первичная Энергия:	36,65 кВт.ч/м²год
		Стоимость Топлива:	-- руб/м²год
		Выделение CO <sub>2</sub> :	2,64 кг/м²год
<b>Параметры Оболочки Здания</b>		<b>Градусо-сутки</b>	
Инфильтрация при 50 Па:	1,85 1/час	Отопление (ГСОП):	7029,33
		Охлаждение (ГСОхлП):	798,55

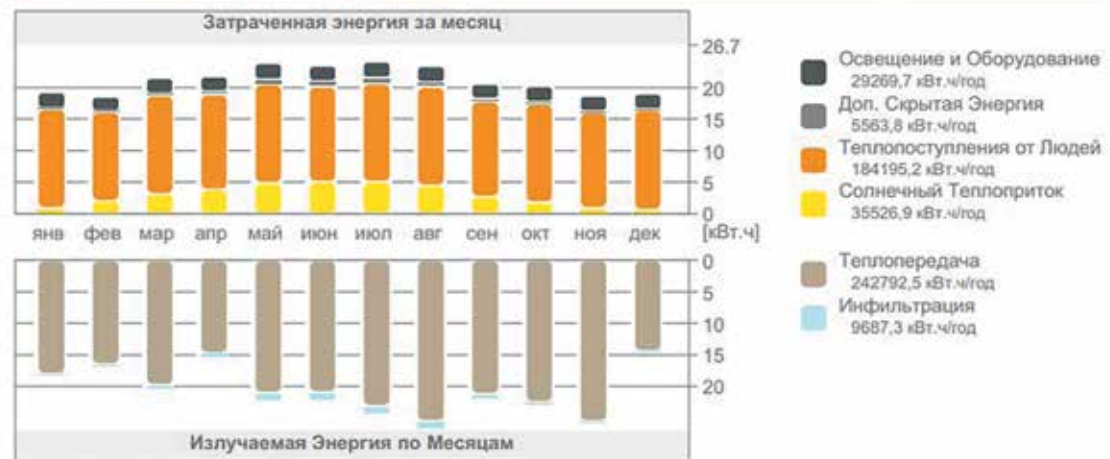
### Потребление энергии источниками

Тип Источника	Энергия			Цена РУБ/год	Выделение CO <sub>2</sub> кг/год
	Имя Источника	Количество кВт.ч/год	Основная кВт.ч/год		
Дополнительная	Электричество	29	87	--	6322
Итого:		29	87	Недоступно	6322



В

## Энергетический баланс проекта



## Термоблоки

Термоблок	Кол-во Зон	Эксплуатация	Общая Площадь м <sup>2</sup>	Объем м <sup>3</sup>
001 Жилые комнаты	24	Жилое помещение	1509,50	3422,46
001 Коридор	3	Коридоры, транз...	314,77	699,39
002 Столовая	24	Столовая	842,09	1868,06
<b>Итого:</b>	<b>51</b>		<b>2666,37</b>	<b>5989,91</b>

## Воздействие на Окружающую Среду

Тип Источника	Имя Источника	Первичная Энергия кВт.ч/год	Выделение CO <sub>2</sub> кг/год
Дополнительная	Электричество	87	6322
<b>Итого:</b>		<b>87</b>	<b>6322</b>

Б

## Энергопотребление Целей

Наименование Цели	Энергия			CO <sub>2</sub> Выделение кг/год
	Количество кВт.ч/год	Основная кВт.ч/год	Цена РУБ/год	
Отопление	0	0	0	0
Охлаждение	0	0	0	0
Горячее Водоснабжение	0	0	0	0
Вентиляторы	0	0	0	0
Освещение и Приборы	29	87	0	6322
<b>Итого:</b>	<b>29</b>	<b>87</b>	<b>НП</b>	<b>6322</b>

оценки энергоэффективности. Точные динамические расчеты позволяет осуществлять поддержка множества термоблоков. При этом, геометрию термоблоков энергетической модели здания (BEM) можно создавать и визуализировать прямо из информационной модели здания (BIM) ArchiCAD.

Для определения интенсивности почасового солнечного облучения остекления каждого наружного проема на протяжении всего года с учетом затенения от наружных факторов (окружающих зданий, деревьев

и т. п.) и устройств солнцезащиты можно использовать «солнечный анализ», встроенный в программу.

В зависимости от квалификации специалиста, формирование отчета по оценке энергоэффективности здания любой сложности занимает в программе от нескольких дней до нескольких часов, что подтверждает эффективность ее использования.

Кроме того, использование специализированного программного обеспечения позволяет автоматизировать процесс по-



Деловой центр г. Окавабата, Южная Корея

Источник: hiro1775 / Depositphotos.com

лучения энергетического паспорта здания, что позволит предположить класс энергосбережения здания и, при необходимости,

получить раздел «Энергоэффективность» для согласования в экспертизе проектной документации.

## Использованные источники

1. Гинзбург А.В., Адамцевич Л.А., Адамцевич А.О. Строительная отрасль и концепция «Индустрия 4.0»: обзор // Вестник МГСУ. №7, 2021. Т. 16. С. 885–912.
2. Что такое BIM // autodesk.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/solutions/bim>
3. Оверченко В.А., Лужнев А.Ю., Томаев Г.Т., Родионов И.А. Разработка алгоритма передачи данных из информаци-

- онной модели службам производственно-технического отдела // Точная наука. №27, 2018. С. 51–54.
4. Ginzburg A., Shilova L., Adamtsevich A., Shilov L. Implementation of BIM-technologies in Russian construction industry according to the international experience // Journal of Applied Engineering Science. 14(4), 2016. P. 457–460.



# Биологическая доочистка сточных вод в энергетике

## Biological wastewater treatment in the power industry

Ринат ТАКТАШЕВ  
Заведующий физико-техническим  
отделением ОАО «ВТИ»  
e-mail: RNTaktashev@vti.ru

Rinat TAKTASHEV  
Candidate of Technical Sciences, Head of the Physics  
and Technology Department of JSC «VTI»  
e-mail: RNTaktashev@vti.ru

Анастасия КАПТИЛКИНА  
Инженер группы экологии ТЭЦ-26  
ПАО «Мосэнерго»  
e-mail: KaptilkinaAI@mosenergo.ru

Anastasia KAPTILKINA  
Engineer of the CHPP-26  
Ecology Group of «Mosenergo» PJSC  
e-mail: KaptilkinaAI@mosenergo.ru.

Андрей ОХЛОПКОВ  
Начальник службы экспертизы  
и технического развития  
(СЭТР) ПАО «Мосэнерго»  
e-mail: OhlopkovAV@mosenergo.ru

Andrey OHLOPKOV  
Head of the Expertise and Technical Development  
Service of PJSC «Mosenergo»  
e-mail: OhlopkovAV@mosenergo.ru

Дина ФРОЛАГИНА  
Эксперт (СЭТР) ПАО «Мосэнерго»  
e-mail: FrolaginaDN@mosenergo.ru

Dina FROLAGINA  
Expert of the expertise and technical development  
Service of PJSC «Mosenergo»  
e-mail: FrolaginaDN@mosenergo.ru

Владислав БИТНЕЙ  
Главный специалист по управлению  
проектами СЭТР ПАО «Мосэнерго»  
e-mail: BitneyVD@mosenergo.ru

Vladislav BITNEY  
Chief Project Management Specialist  
of the Expertise and Technical  
Development Service of PJSC «Mosenergo»  
e-mail: BitneyVD@mosenergo.ru

Нина ГОЛИВКИНА  
Зам. генерального директора  
по направлению микробиологии  
ГК «Терра-Экология»  
e-mail: golivkina@terra-ecology.ru

Nina GOLIVKINA  
Candidate of Sociological Sciences, Deputy Director General  
for Microbiology of the Terra-Ecology Group of Companies  
e-mail: golivkina@terra-ecology.ru

Аннотация. В статье рассматривается наиболее актуальный способ снижения концентрации загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах. Описывается разработка и внедрение технологии биологической очистки нефтесодержащих сточных вод и нефтешламов. Компанией «Мосэнерго» в рамках научно-исследовательских работ с «ВТИ» были проведены испытания на шламоотвале ТЭЦ-26. В ходе исследований было достигнуто заметное осветление и повышение прозрачности шламовых вод. Визуально диагностировались качественные изменения битуминизированных нефтепродуктов, покрывающих откосы шламоотвала.

*Ключевые слова:* сточные воды ТЭЦ, нефтепродукты, тяжелые металлы, биологические методы очистки, биоаугментация, микробно-ферментный биопрепарат.

Abstract. The most relevant way to reduce the concentration of pollutants contained in the wastewater is to develop and implement technology for biological treatment of oily wastewater and oil sludge. «Mosenergo» cooperated with JSC VTI in research and development works to test the Multibac preparation on sludge dump No.1 of CHPP-26. The testing showed a noticeable clarification and increase in transparency of sludge water. The qualitative changes of bituminized oil products covering the slope of the sludge dump were visually diagnosed.

*Keywords:* CHPP wastewater, oil products, heavy metals, biological treatment methods, bioaugmentation, microbial-enzyme biopreparation.



### С 1 января 2020 г. стимулирующие коэффициенты подлежат пятикратному увеличению, что может привести к росту затрат на оплату сбросов

#### Введение

В соответствии с действующим законодательством РФ все водные объекты на территории страны подлежат защите от загрязнения [1, 2]. Для реализации этого требования разработана система мер, включающая как контроль над состоянием водных объектов, так и регламентацию сбрасываемых в них загрязняющих веществ (ЗВ) [3, 4].

Производство тепловой и электрической энергии сопровождается использованием большого количества природной воды и сбросом сточных вод различной степени загрязненности. Сброс сточных вод ТЭЦ является одним из видов специального водопользования и осуществляется на основании разрешений, выдаваемых департаментом природопользования и окружающей среды Росприроднадзора. В разрешительной документации указываются границы нормативных допустимых сбросов, превышение которых приводит к дополнительной плате за негативное воздействие на окружающую среду, исчисляемой из прибыли предприятия. Плата рассчитывается исходя из объема сброшенных веществ, ставки за сброс каждого вещества, а также стимулирующих коэффициентов.

В настоящее время наблюдается тенденция к ужесточению требований нормативных документов в области охраны водных объектов. В соответствии с постановлением Правительства РФ от 03.03.2017 г. № 255 с 1 января 2020 года стимулирующие коэффициенты подлежат пятикратному увеличению, что может привести к значительному росту затрат на оплату сбросов [5]. Целью данных мер является стимулирование предприятий к внедрению наилучших доступных тех-





Очистные сооружения Московского НПЗ

Источник: gazprom-neft.ru

нологий (НДТ) снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Одними из основных загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах ТЭЦ-26 филиала «Мосэнерго», являются нефтепродукты, медь, цинк, алюминий, железо, сульфаты и хлориды. Для снижения концентрации в стоках этих веществ на территории электростанций, в том числе и ТЭЦ-26, на этапе проектирования были заложены конструктивные решения, которые удовлетворяли требованиям 1980-х годов. Ужесточение природоохранного законодательства приводит к тому, что очистные сооружения снижают концентрации вредных веществ недостаточно. Учитывая,

**Проектирование многих объектов исходило из требований 1980-х гг. Ужесточение природоохранного законодательства привело к несоответствию очистных сооружений нормативам**

что все объекты компании находятся в Москве и Московской области, их реконструкция не только затратна, но и подчас невозможна из-за отсутствия территорий для расширения, так как по новым нормативам очистные сооружения должны занимать большую площадь, чтобы принять тот же по расходу сток.

### Методы снижения концентрации нефтепродуктов и тяжелых металлов в сточных водах

Для удаления нефтепродуктов с поверхности воды применяют механические методы очистки. Эти методы, как правило, являются первичными и используются в случае значительных концентраций нефтепродуктов в стоках.

Сбор загрязняющих веществ с верхнего водяного слоя может осуществляться с применением скиммеров-нефтесборщиков, принцип действия которых основан на свойстве нефтепродуктов и масел притягиваться к олеофильным поверхностям.

Еще одним распространенным методом локализации и сбора нефтепродуктов является использование материалов сорбирую-

щего действия. На данный момент наиболее перспективными сорбентами являются полимерные материалы, обладающие высокой нефтеёмкостью, возможностью регенерации и низким водопоглощением [6].

Устранение поверхностных пленок механическими методами не приводит, как правило, к достижению нормативных показателей по содержанию нефтепродуктов в водной массе, поскольку они частично переходят в растворенную форму, оседают на дно и сорбируются донными отложениями [7]. Одним из решений этой проблемы может быть применение биоинженерных технологий, основанных на использовании углеродооксилирующих микроорганизмов и эффективно осуществляющих доочистку сточных вод. Кроме того, использование специально адаптированных консорциумов микроорганизмов является перспективной альтернативой химическим и физико-химическим методам очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов (ИТМ). Для осаждения тяжелых металлов используется биогенный сероводород – продукт жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ) [8].

Наиболее перспективными подходами в области биоочистки сточных вод являются:

**Для удаления нефтепродуктов с поверхности воды применяют механические методы очистки. Они являются первичными и используются в случае значительных концентраций нефтепродуктов в стоках**

- гидрботаническая очистка в прудах и каналах с посадкой водных растений с высоким уровнем активности специфических ферментов;
- использование штаммов нефтеоксилирующих культур [9–12].

В настоящее время во всех отраслях промышленности широкое распространение получают биологические способы очистки сточных вод с применением высших водных растений и специально выведенных штаммов микроорганизмов.

Известны штаммы микроорганизмов, которые хорошо зарекомендовали себя на предприятиях нефтепереработки и в до-

Биосфера МНПЗ

Источник: gazprom-neft.ru





## В настоящее время во всех отраслях промышленности распространение получают биологические способы очистки сточных вод с применением водных растений и специально выведенных микроорганизмов

рожном хозяйстве при очистке сточных вод с низкой скоростью течения воды и низкой концентрацией нефтепродуктов. Очистные сооружения электростанций работают в других условиях, поэтому основной целью является разработка технологии внесения имеющихся на рынке препаратов на очистные сооружения ТЭЦ и ее адаптация.

### Технология биопрепарата MULTIBAC

Основная задача государственной политики в области экологического регулирования заключается в предотвращении негативного воздействия промышленных объектов на окружающую среду, восстановлении естественных экологических систем и экологически безопасном обращении с отходами.

Для решения этих задач необходимо разрабатывать и внедрять технологии биологической очистки нефтесодержащих сточных вод и нефтешламов, образующихся на предприятиях, что позволит увеличить экологическую безопасность регионов.

Традиционные способы очистки промышленных стоков любых предприятий, содержащих загрязняющие вещества, исторически считались чрезвычайно дорогими. Применение биопрепаратов, способных обеспечить стабильную работу биологических очистных сооружений при изменяющихся внешних условиях (температура, концентрация загрязнителей и др.), позволяет обеспечить нормативные показатели качества очищенной воды, сократить размер платы за сброс недоочищенных стоков, решить вопрос повторного использования

очищенных стоков для собственных нужд предприятия.

Основными причинами низкой эффективности работы биологических очистных сооружений на нефтеперерабатывающих предприятиях являются:

- превышение проектной мощности очистных сооружений и степени загрязнения сточных вод органическими примесями (жиры, масла, протеины, фенол, бензол и др.);
- низкая скорость осаждения флокул активного ила во вторичном отстойнике в связи с его низкой плотностью;
- ингибирование процесса нитрификации сложными органическими загрязнителями;
- присутствие сульфатов в составе сточных вод, негативно влияющих на pH стоков;
- изменяющиеся концентрации загрязнителей в составе сточных вод, периодически повторяющиеся ударные «вбросы» токсичных для активного ила веществ.

Перечисленные факторы во многом определяют способность активного ила разлагать отходы. Целью биологической очистки сточных вод является создание среды, в которой микроорганизмы потребляют максимальное количество органического субстрата и создают чистый фильтрат.

Инчукалнские гудроновые пруды

Источник: *skaties.lv*



Бензиновые разводы

Источник: *eenvl / Depositphotos.com*

Введение в резервуары, подобные шламоотвалу № 1 ТЭЦ-26, биопрепарата серии Multibac обеспечивает интенсивный прирост биомассы системы при очистке сточных вод. Препарат состоит из консорциума специально отобранных штаммов микроорганизмов, которые способны резко улучшить результаты очистки при условии совместного применения биостимуляции и биопрепарата. Этот метод носит название «биоаугментация».

Метод биоаугментации заключается во введении высокой дозы посева (прививка) в течение 7 суток (при высоком загрязнении до 21 суток) включительно, обеспечивая частичную компенсацию латентной фазы, наблюдаемую во всех процессах роста бактерий. После достижения заявленных показателей в аэротенк непрерывно вводится очень малая доза препарата в качестве подпитки, предназначенная для закрепления преимуществ выборочно адаптированной введенной культуры сразу после введения посева.

Метод биоаугментации с применением биопрепаратов серии Multibac обеспечивает эффективную работу системы очистки без модернизации (или с незначительной модернизацией) ее оборудования, т. е. метод позволяет потенциально сократить капитальные затраты на реконструкцию очистных сооружений.

Применение технологии биоаугментации на основе биопрепаратов серии

Multibac, включая их непрерывное подпиточное дозирование, увеличивает устойчивость работы резервуаров за счет придания биомассе способности адаптироваться при колебаниях нагрузки, нейтрализует влияние изменчивости качества очищаемых стоков.

Препарат содержит специально выращенный консорциум (сообщество) микроорганизмов – деструкторов, которые позволяют улучшить результаты очистки благодаря способности разлагать сложные загрязнения, с которыми не справляется аборигенный биоценоз активного ила или биопленки [13].

Для эффективного закрепления консорциума биопрепарат вносится таким образом, чтобы обеспечить максимальное время контакта бактерий биопрепарата и сточных вод. Для систем с коротким временем гидравлического задержания сточных вод применяется более частое дозирование биопрепаратов.

В состав препаратов Multibac входят природные непатогенные штаммы микроорганизмов, которые абсолютно безопасны для человека, животных и растений.

### Исследования по применению препарата Multibac на ТЭЦ-26

Шламоотвал ТЭЦ – гидротехническое сооружение, представляющее собой два искусственных нефилтруемых шламоотстойника, огражденных насыпными дамбами и разделенных между собой дамбой. Шламоотстойник № 1 представляет собой заглубленную в землю бетонную ёмкость, заполняемую нефтесодержащими стоками. Принцип работы заключается в осаждении тяжелой фракции нефтепродуктов,

**Необходимо внедрять технологии биологической очистки нефтесодержащих сточных вод и нефтешламов, образующихся на предприятиях, что позволит увеличить экологическую безопасность регионов**



имеющих большую по сравнению с водой плотность, на дно. Во время осмотра перед испытаниями биопрепаратов зафиксированы обширные замазученные области акватории шламоотстойника. Внутренние откосы дамбы также в значительной степени были покрыты нефтепродуктами (рис. 1). Вода имела темный цвет, была непрозрачна, с выраженным заилением.

Испытания препарата Multibas осуществлялись на шламоотводе № 1 ТЭЦ-26 в период с 8 августа 2019 г. по 6 сентября 2019 г. по программе, утвержденной «Мосэнерго». Препарат представлял собой высококонцентрированную жидкую смесь из штаммов аэробных и анаэробных,



Рис. 1. Вид шламоотвала до начала испытаний

фотосинтетических и хемосинтетических микроорганизмов, способных разложить широкий спектр органических соединений.

В первые одиннадцать дней вводилась повышенная доза посева с относительно высоким инокулятом (посевным материалом), который частично компенсировал латентную фазу, наблюдаемую во всех процессах роста бактерий.

Затем вводилась относительно малая доза препарата. Эта фаза поддержки или подпитки предназначена для закрепления преимуществ выборочно адаптированной введенной культуры сразу после введения посева.

Первые пять дней после введения МФБП и СВ в водный бассейн резервуара

обеспечивалось отсутствие оттока сточных и шламовых вод из резервуара (откачка стоков не производилась). Для этого перед началом введения препарата в резервуар снизили уровень сточных вод резервуара до минимально допустимого. Данная мера позволила обеспечить необходимый временный ресурс по заполнению резервуара. Объем и периодичность внесения препарата строго соблюдались.

С целью оценки эффективности работы препарата производится аналитический химический контроль следующих показателей качества сточных вод резервуара:

- а) нефтепродукты, железо, медь, взвешенные вещества, содержание кислорода, температура, уровень рН, уровень в резервуаре – не реже одного раза в неделю;
- б) алюминий, цинк, токсичность – не реже одного раза в месяц;
- в) общее микробиологическое число ОМЧ+37, ОМЧ+22 – не реже одного раза в месяц.

Отбор проб производился в соответствии с требованиями ГОСТ 31861–2012 на протяжении всего этапа работ по графику. Отбор осуществлялся представителями подрядчика и электростанции.

Пробы сточных вод, отобранные для анализов, направлялись в центральную химическую лабораторию «Мосэнерго» (далее ЦХЛ), лабораторию электростанции и в аккредитованную лабораторию подрядчика с оформленными актами отбора проб. Доставка проб в ЦХЛ «Мосэнерго» осуществлялась в день отбора не позднее двух часов после взятия материала.

В процессе испытаний было достигнуто заметное осветление и повышение прозрачности шламовых вод. Поверхностная пленка нефтепродуктов подверглась разложению. Визуально диагностировались качественные изменения битуминизированных нефтепродуктов, покрывающих откосы шламоотвала (далее ШО) – было заметно осветление и разделение на отдельные фракции.

Анализ результатов количественного химического анализа показал рост концентрации нефтепродуктов, взвешенных веществ, железа и меди в воде ШО вплоть до окончания процесса дозирования с последующим снижением показателей до исходного уровня (или ниже). Максимальные значения достигались к моменту наиболее активной работы биопрепарата по разло-



ТЭЦ-26, ПАО «Мосэнерго»

Источник: tergeh.ru

жению поверхностной углеводородной пленки и донных отложений.

Результаты химического анализа проб воды, отобранных в области дозирования и вне ее, практически совпадали, что свидетельствовало о работе биопрепарата во всем объеме шламоотвала. Вследствие этого был сделан вывод, что в дальнейшем целесообразно дозировать биопрепарат равномерно по всей акватории ШО.

На рис. 2 и рис. 3 показано состояние объекта через полтора месяца после за-

вершения дозирования биопрепарата. На отдельных неразложившихся участках поверхностной углеводородной пленки диагностируются области зеленого цвета, вызванные действием фотосинтезирующих бактерий. Это свидетельствует о сохранении работоспособности биопрепарата на протяжении длительного периода.

При этом, по результатам количественного химического анализа, в течение всего периода испытаний рН воды ШО № 1 находилась на уровне 8–9, в то время как

Рис. 2. Внешний вид ШО № 1 по состоянию на 16.10.2019 г.



Рис. 3. Внешний вид ШО № 1 по состоянию на 16.10.2019 г.





для наибольшей эффективности очистки по рекомендации производителя требуется уровень pH 6,8–7,5. На основании этого можно сделать вывод, что, даже при неблагоприятных условиях существования колоний микроорганизмов в шламоотвале, достигнут положительный эффект.

Визуальная оценка состояния ШО и результаты количественного химического анализа в октябре 2019 г. свидетельствовали о слишком коротком периоде дозирования. Испытания были завершены к мо-



Шламоотвалы на месторождениях  
Источник: vyvoz.org

менту активного разложения биопленки и донных отложений. Отсутствие притока активных бактерий и питательного субстрата при наличии постоянных стоков загрязняющих веществ не позволило биопрепарату переработать большее количество растворенных углеводов. Для получения стойкого положительного эффекта, проявляющегося не только в визуальном улучшении качества воды, но и в результатах химического анализа, необходимо было производить внесение МФБП и СВ в течение двух-трех месяцев.

### Расчет экономического эффекта

Расчет экономической эффективности в 2019 г. моделировался на основе сравнения платы за негативное воздействие на окружающую среду до и после биоо-

чистки. Плата взималась исходя из объема сбрасываемых загрязняющих веществ. В расчетах во внимание принималось изменение концентрации нефтепродуктов в сбросной воде основного водовыпуска по данным лаборатории «Эко-Модуль», осуществляющей количественный химический анализ сбросной воды для ТЭЦ-26.

Для построения финансово-экономической модели были приняты следующие условия:

1. Период расчета составляет 15 лет.
  2. Внесение препарата происходит с периодичностью раз в 2 года, при этом внесение в третий год составляет 25 % от первоначальной дозы, также выполнен анализ чувствительности проекта от увеличения дозы дозирования препарата в последующие годы.
  3. Объем сбросов сточной воды ШО № 1 сохраняется на уровне 2019 г.
  4. В расчете учтены изменения концентрации нефтепродуктов, железа и взвешенных веществ в воде ШО № 1 ТЭЦ-26 «Мосэнерго» в период испытаний микробно-ферментного препарата (июль, август, сентябрь 2019 г.).
  5. Эффективность работы биопрепарата ежегодно снижается на 20 %.
  6. Внесение биопрепарата осуществляется подрядчиком.
  7. Ставка дисконтирования принимается равной 12 % (в соответствии со сценарными условиями «Мосэнерго»).
  8. Расчет суммы платы за сброс нефтепродуктов в 2019 году производится по ставкам 2018 года с учетом коэффициента 1,04 (в соответствии с письмом Росприроднадзора от 21.12.2018 г. № ВС-06-02-31/28928).
  9. При расчете снижения платы за сброс загрязняющих веществ соотношение между объемом сбросов каждого вещества в пределах НДС и сверх НДС сохраняется на уровне 2018 г.
  10. С 2020 года стимулирующие коэффициенты к ставкам платы за сброс загрязняющих веществ приняты в соответствии с п. 5 статьи 16.3. ФЗ «Об охране окружающей среды».
- Расчет платы за негативное воздействие на окружающую среду осуществлялся в соответствии с постановлением

Правительства РФ от 3 марта 2017 года № 255. Плата рассчитывалась исходя из платежной базы (массы или объема сбросов загрязняющих веществ), ставки платы и дополнительных коэффициентов.

В расчете окупаемости учитывалась концентрация загрязняющих веществ до и после внесения препарата.

По итогам расчетов экономической эффективности получились следующие показатели окупаемости, указанные в таблице 1.

### Заключение

Биоаугментация с применением биопрепаратов серии Multibac зарекомендовала себя как экономически обоснованная альтернатива дорогостоящих капитальных затрат на реконструкцию и модернизацию комплексов биологической очистки сточных вод промышленных предприятий. Проведенные исследования химического состава сточных вод и технологической схемы очистных сооружений ТЭЦ-26 позволяют рекомендовать очистку шламоотвала № 1 (ШО № 1) данным методом.

В ходе научных исследований были достигнуты следующие результаты:

1. Выполнен анализ литературных источников по проблемам и способам очистки сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов.
2. Проведены анализы сточных вод с пруда-отстойника (две точки) и с шламоотвала (одна точка).
3. Определена эффективность работы пруда-отстойника по снижению концентрации нефтепродуктов и тяжелых металлов.

Таблица 1. Показатели эффективности проекта в зависимости от объема препарата

	Дозирование препарата 1 раз в 2 года (доза препарата составляет 25 % от первоначальной)	Дозирование препарата 1 раз в 2 года (доза препарата составляет 33 % от первоначальной)	Дозирование препарата 1 раз в 2 года (доза препарата составляет 50 % от первоначальной)
NPV, руб.	646 597,8	403 123,5	-40 993
IRR, %	25,5 %	20,9 %	10,9 %
Ставка дисконтирования, %	12 %	12 %	12 %
PP (простой срок окупаемости), лет	5,3 лет	5,7	7,8
<b>DPP (дисконтированный срок окупаемости), лет.</b>	<b>7 лет</b>	<b>7,9</b>	<b>Более 15 лет</b>

4. Определена нецелесообразность внесения биопрепаратов в пруд-отстойник ввиду высокой скорости обновления воды в нем (6 раз в сутки).
5. Выбран биопрепарат, способный работать в условиях качества воды и количества нефтепродуктов в шламоотвале.
6. Установлено, что пруд-отстойник и шламоотвал способны к самоочищению.



Старые бочки – один из источников загрязнений нефтепродуктами  
Источник: pinterest.ru bitfeed.ru

7. Определены сроки, периодичность, технология и количество внесения микробиологического препарата по доочистке сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов





Борьба с загрязнением нефтью океана

Источник: aftenposten.no

в ШО № 1 ТЭЦ-26 филиала «Мосэнерго».

8. Разработана программа испытаний микробно-ферментного препарата «Multibac» на ШО № 1 ТЭЦ-26 филиала «Мосэнерго».
9. Согласно результатам расчетов экономической эффективности проекта с учетом дозирования препарата 1 раз в 2 года (с дозой 25 % от первоначальной) дисконтированный срок

окупаемости составит 7 лет, при этом при дозировании препарата 1 раз в 2 года (с дозой 50 % от первоначальной) дисконтированный срок окупаемости составит более 15 лет.

Полученный опыт показал эффективность применения комплекса биопрепаратов для достижения нормативных показателей качества промышленных сточных вод. В короткий срок удалось наладить процесс очистки стоков, стабилизировать

## Препарат содержит специально выращенный консорциум микроорганизмов – деструкторов, которые позволяют улучшить результаты очистки благодаря способности разлагать сложные загрязнения

процессы нитрификации, усилить деградацию углеводов, оздоровить биомассу активного ила. Очевидно, что данная технология будет эффективно работать при аварийных сбросах загрязняющих веществ для поддержания концентрации, разнообразия и окисляющей способности активного ила. На сегодняшний день – это рациональное решение, позволяющее справляться с текущими проблемами очистки заводских стоков и успешно применяется уже в течение 5 лет.

Визуальная оценка состояния шламоотвала и результаты количественного химического анализа в 2019 г. свидетельствовали о слишком коротком периоде дозирования. С этой целью руководством компании «Мосэнерго» было принято решение о пролонгации исследований по доочистке сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов микробно-

ферментным препаратом с адаптацией технологии применения на ТЭЦ-26. В соответствии с утвержденным ТЗ «Пролонгация исследований по доочистке сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов микробно-ферментным препаратом с адаптацией технологии применения в энергетике» в сентябре 2020 года был заключен договор между «Мосэнерго» и «ВТИ» по продолжению вышеприведенных работ.

Результаты научно-исследовательских работ, полученные в 2020–2021 гг. обнадеживают. При первичном визуальном осмотре состояния шламоотвала ТЭЦ-26 в июне 2021 г. отмечено минимальное количество нефтепродуктов, присутствующих в сточных водах. Кроме того, наличие сгустков зеленого цвета на поверхности ШО свидетельствует о присутствии выживших колоний отдозированных в 2019 г. бактерий, что подтверждает выводы «ВТИ» о целесообразности внесения препарата с периодичностью 1 раз в два года.

На основе приведенного опыта применения биологического метода доочистки отходов в компании «Мосэнерго» можно сформулировать следующие перспективы использования данного способа: улучшение стоков очистных сооружений нефтеперерабатывающих заводов; очистка шламонакопителя ТЭЦ; ликвидация разливов нефтепродуктов; рекультивация нефтезагрязненных земель; повышение эффективности площадок биодеструкции нефтесодержащих грунтов.

## Использованные источники

1. Федеральный закон об охране окружающей среды от 10.01.2002 г. №7-ФЗ (с изменениями на 29 июля 2018 года).
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. №74-ФЗ (с изменениями на 27 декабря 2018 года).
3. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года №552. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 12 октября 2018 года).
4. Правила охраны поверхностных вод (типовые положения). Государственный комитет СССР по охране природы. М., 1991.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 03.03.2017 г. №255. «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» (в редакции, действующей с 1 января 2019 года).
6. Кашеева П.Б. Создание новых функциональных материалов для очистки водных сред от нефти и нефтепродуктов. [Текст]: дис. ... канд. хим. наук: 03.02.08 / Кашеева Полина Борисовна. М., 2014. – 107 с.
7. Сапрыкина, А. Ю. Технология снижения содержания нефтепродуктов в воде малых и средних рек. [Электронный ресурс]: Дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36. М.: РГБ, 2005. – 167 с.
8. Хамидуллина И.В. Биологическая очистка сточных вод от тяжелых металлов с использованием сульфатвосстанавливающих бактерий. [Электронный ресурс]: Дис. ... канд. техн. наук: 03.02.08. М.: РГБ, 2012. – 165 с.
9. Бондаренко В.В., Дерябин В.Н., Попов А.Н. Биоинженерные методы и сооружения // Россия: водохозяйственное устройство. Екатеринбург, 1999. С. 294–305.
10. Бондарь О.А., Никитин Г.А. Исследование режимов микробиологической очистки сточных вод // Химия и технология воды. №2, 1997. Т. 19. С. 207–212.
11. Бухгалтер Л.Б. и др. гидроботанические методы очистки сточных вод // 15 Менделеев, съезд по общ. и прикл. химии. Минск, 1993. Т. 1. С. 153–156.
12. Пелешенко В.И., Савицкий В.Н., Стецько Н.С., Михайленко В.П. Содержание и динамика нефтепродуктов в водоемах, и водотоках, расположенных в зонах влияния крупных энергетических объектов // Гидробиологический журнал. № 6, 1991. Т. 27. С. 54–59.
13. Эффективность применения биопрепаратов для уменьшения негативного воздействия топливно-энергетического комплекса на окружающую среду // Химагрегаты. № 4(52), 2020. С. 32–35.
14. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации №552 от 13.12.2016 г. (с изменениями на 12 октября 2018 года). Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.
15. НДП 20.1:2:3.40-08. Методика определения содержания нефтепродуктов в пробах питьевых, природных и сточных вод методом ИК-спектроскопии. М., 2015.
16. ПНД Ф14.1:2:4.128-98. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М., 2007.
17. Леоненко И.И., Антонович В.П., Андрианов А.М. и др. Методы определения нефтепродуктов в водах и других объектах окружающей среды (обзор) // Методы и объекты химического анализа. №2, 2010. Т. 5. С. 58–72.





## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА



Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2021 год можно через филиалы агентства «Урал-пресс», либо в ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. По вопросам подписки звонить по телефону +7-910-463-53-57. Стоимость подписки на полугодие (6 номеров) составит 10 700 рублей.


В каждом номере – аналитические обзоры, авторские колонки, материалы научного и научно-прикладного характера. Будь в курсе основных направлений развития ТЭК!

[energypolicy.ru](http://energypolicy.ru)

## НАШИ ПАРТНЕРЫ

 ПРОВОЗСЫРЬЕИМПОРТ

 **ГАЗПРОМ  
НЕФТЬ** } *СТРЕМИМСЯ  
К БОЛЬШЕМУ!*

 АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**ЗАРУБЕЖНЕФТЬ**

  
**ИНТЕР  
РАО ЕЭС**  
энергия без границ

 **РОССЕТИ**

 **СУЭК**  
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

 БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД  
**TATNEFT**





ISSN 2409-5516