

РГАСНТИ 44.09.29

ISSN 2409-5516

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№6(148), июнь 2020



Тема номера

**ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
НА ФОНЕ СПАДА COVID-19 И ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛЕЙ ТЭК**

**WORLD  
ENERGY  
COUNCIL**



**17 июня 2020 г.**

**COVID-19:  
ускорить переход  
к энергетике будущего  
для всех**

Соорганизаторы конференции:



При поддержке:



# Содержание

## 3 Слово редакторов

### Нефть

- 4 **А.М. Мастепанов.** Большие циклы и «чёрные лебеди»  
20 **Е.А. Телегина, Л.А. Студеникина.** Пандемия и выбор новой энергетической парадигмы: иллюзия или реальность

### Футурама

- 26 **В.В. Бушуев.** Камо грядеши?

### Атом

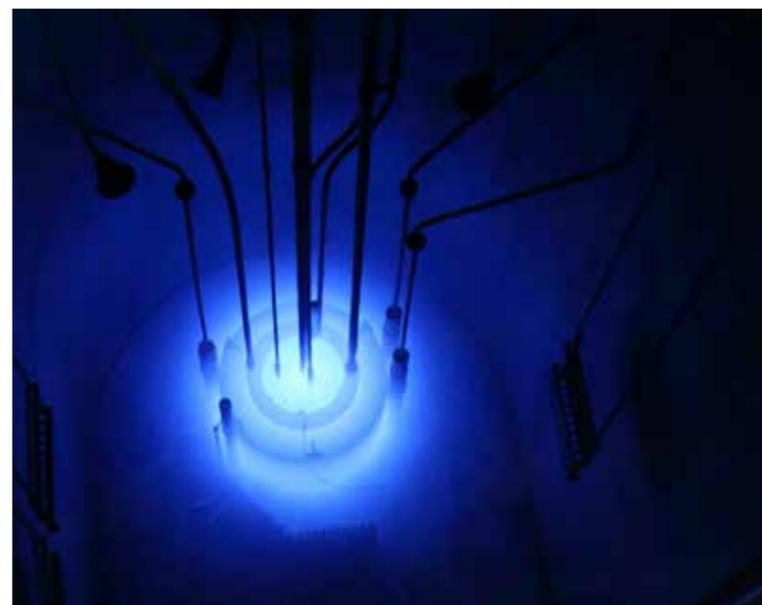
- 42 **Д.С. Пантелей.** Перспективы экспорта российского атома

### Энергия города

- 50 **С.В. Гужов.** Прогнозирование спроса на электрическую энергию изолированной энергетической системой города  
58 **С.И. Лаптева.** Повышение энергоэффективности в системе жизнеобеспечения города  
64 **К. Дацко.** Активные энергокомплексы  
76 **В.М. Зырянов, Н.Г. Кирьянова, И.Ю. Коротков, Г.Б. Нестеренко, Г.А. Пранкевич.** Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт

### Экология

- 88 **С.В. Мещеряков, И.С. Еремин.** Нефтеcодержащие отходы как полезный ресурс



# Contents

## 3 Editor's Column

### Oil

- 4 **A. Mastepanov.** Big cycles and «black swans»  
20 **E. Telegina, L. Studenikina.** Pandemic and the choice of a new energy paradigm: illusion or reality

### Futurama

- 26 **V. Bushuev.** Quo vadis?

### Nuclear Power

- 42 **D. Panteley.** Prospects for export of the russian nuclear industry

### City Energy

- 50 **S. Guzhov.** Forecasting demand for electric energy of the isolated energy system of the city  
58 **S. Lapteva.** Improving energy efficiency in the city's life support system  
64 **K. Datsko.** Active energy complexes  
76 **V. Zyryanov, N. Kiryanova, I. Korotkov, G. Nesterenko, G. Prankevich.** Energy storage systems: russian and international experience

### Ecology

- 88 **S. Mescheriakov, I. Eremin.** Oil-containing waste as a useful resource

#### 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., директор Департамента 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 ФИЗФ  
**С.П. Филиппов** – акад. РАН, д. э. н., директор ИНЭИ РАН  
**А.Б. Яновский** – д. э. н., заместитель министра энергетики России  
**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**  
Марина Коцюбинская

**Корректор**  
Роман Павловский

**Фотограф**  
Иван Федоренко

**Дизайн и верстка**  
Роман Павловский

**Адрес редакции:**  
129085, г. Москва, проспект Мира, д.105, стр. 1

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: 05.06.2020  
Время подписания в печать по графику: 13:00  
фактическое: 13:00

16+



145,9 тыс. км ЛЭП  
958 подстанций

79 регионов России  
22 тыс. сотрудников



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

Анна ГОРШКОВА  
Главный редактор  
журнала «Энергетическая политика»

## Время первых оценок

Пандемия коронавируса, заставившая весь мир уйти на карантин, потихоньку начинает идти на спад. Все больше стран снимают ограничительные меры. Мировая экономика постепенно оживает: растет спрос на нефть и нефтепродукты, возобновляется авиасообщение, восстанавливается промышленное производство.

Это дает возможность не только подвести первые итоги влияния массовой эпидемии на мировую энергетику, но и сделать предварительные прогнозы дальнейшего развития отраслей ТЭК. Некоторые из них опубликованы в шестом номере журнала «Энергетическая политика».

Одновременно, глобальный экономический спад заставил людей искать новые возможности оптимизации затрат не только в промышленных масштабах, но и в сфере строительства, энергообеспечения отдельных систем и кластеров, организации бытовой, коммунальной и муниципальной жизни. Подобным вопросам оптимизации затрат и повышения энергоэффективности посвящен второй блок статей шестого номера журнала.

Кроме того, особое место заняло исследование экспортных возможностей атомной отрасли в условиях резкого падения цен на нефть и снижения спроса на энергоресурсы.



Закрытое из-за эпидемии коронавируса  
Hard Rock Cafe в центре Голливуда

Источник: LStock / Depositphotos.com

УДК 338.27:622.276

# Большие циклы и «чёрные лебеди»

## Big cycles and «black swans»

Алексей Михайлович МАСТЕПАНОВ

Заведующий Аналитическим центром энергетической политики и безопасности ИПНГ РАН, член Совета директоров Института энергетической стратегии, д. э. н., профессор РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, академик РАЕН  
e-mail: amastepanov@mail.ru

Alexey MASTEPANOV

Analytical Center for Energy Policy and Security,  
(Institute of Oil and Gas Problems  
of the Russian Academy of Sciences)  
e-mail: amastepanov@mail.ru

Пустующие парковки магазинов, закрытых на период  
эпидемии коронавируса, США

Источник: 357265436\_xl-2015 / Depositphotos.com



Аннотация. О причинах того состояния, в котором оказалась глобальная экономика, путях выхода из него и перспективах её развития уже написаны и опубликованы многие тысячи статей, докладов и результатов исследований, авторами которых являются представители самых разных профессий и областей знаний: учёных и специалистов, политиков и общественных деятелей, блогеров, астрологов и футурологов. В них изложены различные взгляды и оценки, мнения и предположения, домыслы и прогнозы, укладывающиеся в теоретические постулаты и «идеального шторма», и «чёрных лебедей», и даже длинных волн Кондратьева. Попробуем разобраться в этом многообразии размышлений и суждений.  
*Ключевые слова:* прогнозирование, мировая энергетика, пандемия, спрос.

Abstract. The causes of the current deep crisis of the global economy are already described in many articles by scientists and specialists, politicians and public figures, bloggers, astrologers and futurologists. They set forth various views and assessments, opinions and assumptions, conjectures and forecasts that fit into the theory of an «ideal storm», «black swans» and Kondratiev's long waves. Let's try to understand this variety of thoughts and judgments.

*Keywords:* forecasting, global energy, pandemic, demand.

# //

**Мир находится на пороге  
глобального системного  
кризиса, охватывающего  
не только экономику, но  
и практически все основы  
нашей цивилизации**

эти предположения получили дальнейшее развитие на основании анализа фундаментальных факторов, определяющих формирование мировой экономики и энергетики [2–5]. Речь уже стала идти о том, что современному человечеству брошены серьёзные вызовы, в том числе и в энергетической сфере. Мир находится на пороге глобального системного кризиса, охватывающего не только экономику, но и практически все основные составляющие нашей цивилизации. Причём процесс подобных трансформаций казался достаточно продолжительным, скорее эволюционным, чем революционным, укладывающимся в постулаты теории больших экономических циклов (длинных волн) Николая Кондратьева или концепции системных циклов накопления капитала Джованни Арриги [6].

Однако за последние полтора года ситуация в мире резко изменилась. Как сейчас стало модно говорить, «на мировое общество и глобальную экономику опустилась целая стая чёрных лебедей» – приходящих, объективно необязательных и, поэтому, трудно прогнозируемых во времени и пространстве событий и факторов. Вначале, это – торговые войны и резко возросшая волатильность на мировых сырьевых рынках, а затем и коронавирусная пандемия, сопровождаемая экономическим спадом и обвалом цен на нефть и другие энерго-

### Что имеем и как шли к этому?

О том, что мир ожидают глобальные энергетические трансформации, смена не только технологических, но и цивилизационных укладов, специалисты говорят не один год. Да и автор этих строк ещё в 2010 году отмечал: мир – на пороге глобальных энергетических изменений, современная мировая энергетика находится «на изломе» и уже налицо серьезные качественные сдвиги в её развитии [1]. В течение нескольких лет



Пустующие аэропорты из-за отмены рейсов на период пандемии коронавируса

Источник: *steveheap / Depositphotos.com*

носители. Эти «чёрные лебеди» не только резко ускорили процесс глобальных трансформаций, но и придали ему качественно новые измерения [6]<sup>1</sup>. Оценки этого влияния различными авторами зачастую прямо противоположные [9,11,14].

### COVID-19 и прогнозы энергопотребления

Естественно, что различные оценки воздействия пандемии COVID-19 на мировую экономику влекут за собой и разные прогнозы спада глобального энергопотребления. Уже в первые месяцы 2020 года в обществе, в средствах массовой информации появилось огромное количество вначале тревожных, а потом просто апокалиптических прогнозов и предсказаний относительно ближайшего и более отдалённого будущего экономики (как отдельных стран и регионов, так и глобальной).

Но ситуация в мире развивалась настолько стремительно и непредсказуемо, что подобным апокалиптическим прогнозированием стали заниматься и «тяжеловесы», не замеченные прежде в нагнетании паниче-

<sup>1</sup> Отметим, что американский публицист, экономист и философ Нассим Талеб, автор книги «Чёрный лебедь. Под знаком непредсказуемости», вышедшей в 2007 г., и одноимённой теории, неоднократно заявлял, что пандемия коронавируса была предсказуема, а потому её нельзя считать «чёрным лебедем», описанным в его знаменитой книге. «Меня так раздражают люди, которые говорят, что это «чёрный лебедь», – подчеркнул Талеб в интервью Bloomberg, заявив, что в случае с предсказуемым событием речь идет о «белом лебеде» [7,8].

ских настроений. Так, аналитики JPMorgan Chase & Co, по данным РБК, считают текущий кризис самым глубоким со времен Великой депрессии 1930-х годов. По их прогнозам, мировая экономика из-за коронавируса потеряет 5 трлн долларов, а темпы роста мирового ВВП вернутся на прежний уровень только после 2022 года [15].

Резко отрицательным прогнозирует мировой рост в текущем году и МВФ. Кристалина Георгиева, директор-распорядитель Фонда, 9 апреля, анонсируя очередной доклад «Перспективы развития мировой экономики» (WEO-2020/04), отметила: «Сегодня мы переживаем кризис, каких не бывало. COVID-19 разрушает наш социальный и экономический порядок с быстротой молнии и в невиданных масштабах на памяти живущих». И добавила: «Мы прогнозируем

**Столь неожиданная, сколь и разрушительная, глобальная пандемия имеет огромные социальные, экономические и политические последствия и является своеобразным геополитическим землетрясением**

самый сильный экономический спад со времен Великой депрессии» [16].

Представления об оценках этого доклада, в сравнении с его более ранними версиями и прогнозом ОЭСР, даёт рис. 1, на котором показана также динамика годовых изменений глобального ВВП, начиная с 1900 г.

О том, что 2020 г. обещает стать одним из самых трудных лет после окончания Второй мировой войны, предупреждают и эксперты Европейского Совета по международным отношениям (European Council on Foreign Relations). Столь же неожиданная, сколь и разрушительная, глобальная пандемия имеет огромные социальные, экономические и политические последствия и является своеобразным геополитическим землетрясением, подчёркивают они [17].

В докладе МВФ WEO-2020/04 [18]<sup>2</sup> отмечается, что представленный в нём прогноз сопряжён с крайней степенью неопределённости. Экономические последствия зависят от факторов, взаимодействие которых трудно предсказать. Среди них – развитие пандемии, интенсивности и эффективности мер сдерживания, масштабов нарушений поставок, последствий резкого ужесточения условий на мировых финансовых рынках, сдвигов в структуре расходов, изменений в поведении людей и др.

Кроме того, многие страны сталкиваются с многоуровневым кризисом, который включает шок в области здравоохранения, сбои в экономике вследствие внутренних факторов, резкое падение внешнего спроса,

<sup>2</sup> Ко времени написания этой статьи опубликована только его первая глава.

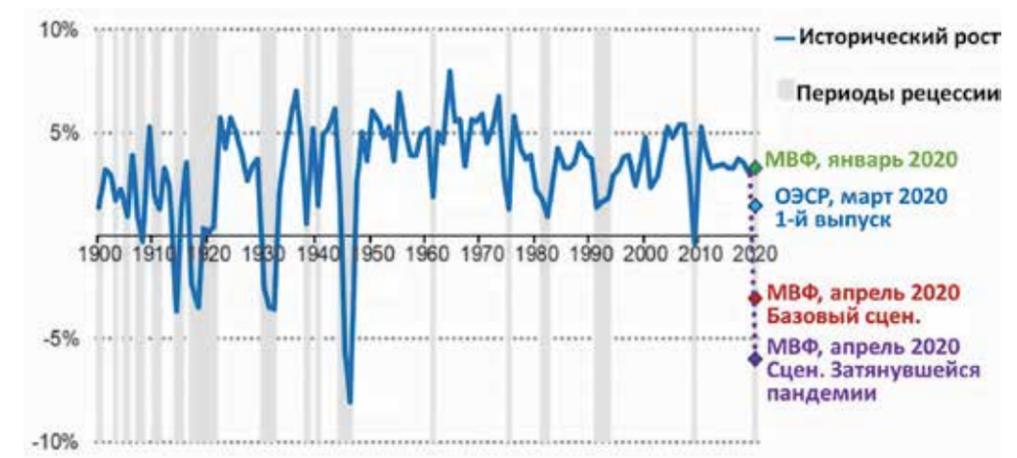


Рис. 1. Динамика изменения глобального ВВП, 1900–2020 гг.

разворот потоков капитала и обвал цен на биржевые товары. При этом преобладают риски ухудшения ситуации.

В докладе МВФ рассмотрены базовый и три альтернативных сценария: сценарий затянувшейся пандемии в 2020 году (Longer outbreak in 2020); сценарий повторной пандемии в 2021 году (New outbreak in 2021) и совмещённый сценарий: затянувшаяся пандемия в 2020 году плюс повторная пандемия в 2021 году (Longer outbreak in 2020 plus new outbreak in 2021).

**Многие страны сталкиваются с многоуровневым кризисом, который включает шок в области здравоохранения, сбои в экономике вследствие внутренних факторов, резкое падение внешнего спроса**

В базовом сценарии, который предполагает, что пандемия пойдёт на спад во второй половине 2020 года и меры по её сдерживанию могут быть постепенно свернуты, мировая экономика за текущий год сократится на 3 %, в том числе в странах с развитой экономикой на 6,1 %<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Значительно более оптимистичен последний (апрельский) прогноз Секретариата ОПЕК: –1,5% и –4,2%, соответственно [19].

Источник: [12] по данным IMF World Economic Outlook (January and April 2020), OECD Interim Economic Outlook Forecasts (March 2020) and Maddison Project Database (2018)

Однако уже в 2021 году глобальный ВВП вырастет на 5,8 % (в странах с развитой экономикой – на 4,5 %). Этому росту будет способствовать нормализация экономической активности вследствие поддерживающих мер со стороны государства.

При этом предполагаемая цена нефти, основанная на фьючерсных рынках, составит 35,61 доллара за баррель в 2020 году и 37,87 доллара за баррель – в 2021 году. Соответствующие данные альтернативных сценариев показаны на рис. 2.

### Оценки и прогнозы МЭА

Экспертам МВФ и Европейского Совета по международным отношениям вторят и аналитики Международного энергетического агентства. По их мнению, пандемия COVID-19 привела к беспрецедентному глобальному кризису в области здравоохранения и экономики, непосредственно затронув энергетический сектор [20]. И с ними трудно не согласиться. Пандемия коронавируса принесла с собой не только угрозу здоровью и жизни населения планеты, но и оказала самое непосредственное влияние на состояние глобальных энергетических рынков, энергетическую устойчивость и безопасность, и даже на отношение к проблеме глобального изменения климата. Именно с эпидемией ассоциируется развертывание мирового финансового кризиса, о котором также предупреждают многочисленные аналитики и эксперты.

В условиях многомерного кризиса и «идеального шторма», вызванного наложением воздействия «чёрных лебедей» на долгосрочные тенденции формирования мировой экономики и трансформаций глобальной энергетики, начался существенный пересмотр оценок и прогнозов их развития. Как отмечается, например, в пресс-релизе Венского института международных экономических исследований (WIIW), «коронавирус всё изменил. Наши первоначальные прогнозы давно стали макулатурой. Так называемый пессимистичный («суровый») сценарий теперь скорее является оптимистичным» [21]. Подобную оценку своей деятельности могли бы дать и многие другие прогностические структуры, однако до настоящего времени новых прогнозов ими опубликовано не было. К сожалению, нет пока и серьёзных исследований изменившейся ситуации, сделанных российскими специалистами.

## В условиях многомерного кризиса и «идеального шторма», вызванного наложением «чёрных лебедей» на трансформацию глобальной энергетики, начался существенный пересмотр прогнозов развития

Исключение составляют ежемесячные прогнозы развития мирового рынка нефти, выпускаемые Секретариатом ОПЕК, и прогнозы МЭА. Исходя из опубликованных материалов, эксперты МЭА в полной мере начали понимать угрозу «идеального шторма» для формирования глобальной энергетики только в начале марта 2020 года, когда эпидемия коронавируса «превратилась из китайского кризиса здравоохранения в глобальную чрезвычайную ситуацию в области здравоохранения», а его влияние на мировую экономику стало очевидным [22].

До этого времени эксперты агентства продолжали придерживаться ими же сформулированных в Oil Market Report ещё в ноябре 2019 г. тезисов [23]:

- спокойствие на рынке поддерживается достаточным уровнем предложения и высокими запасами. Этот тренд, вероятно, продлится в 2020 году;
- на 2020 год наша оценка роста спроса на нефть остается неизменной на уровне 1,2 млн барр./сут.

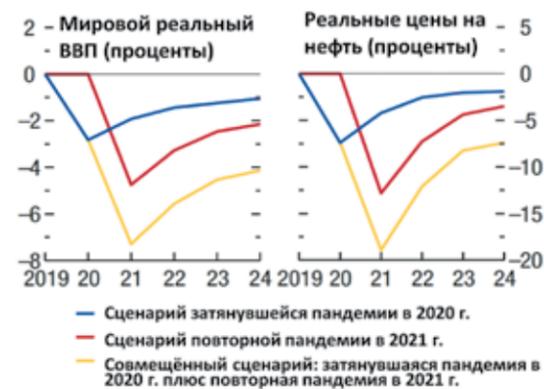


Рис. 2. Прогнозы мирового ВВП и цен на нефть в альтернативных сценариях доклада МВФ WEO-2020/04  
Источник: [18]



Статуя Свободы в хирургической маске  
Источник: Tzido / Depositphotos.com

В соответствии с этими тезисами прогнозировались и вполне приемлемые для производителей и потребителей цены на нефть (таблица 1 и рис. 3).

В мартовском выпуске Oil Market Report признаётся, что глобальный спрос на нефть в 2020 году упадёт. «Это будет первое (в годовом исчислении) снижение более чем за десятилетие», – говорится в отчете. Причины – глубокое сокращение потребления нефти в Китае, на долю которого в прошлом году пришлось более 80 % роста мирового спроса на нефть, а также «значительные сбои в поездках и торговле» [22]. В этом же выпуске, исходя из того, что «непосредственные перспективы нефтяного рынка будут, в конечном счёте, зависеть от того, насколько быстро правительства предпримут меры по сдерживанию вспышки коронавируса, насколько успешны будут их усилия, и какое затяжное воздействие глобальный кризис здравоохранения окажет на экономическую активность», сделана и вариантная оценка спроса на нефть в течение года. Как отмечается в обзоре, «на данном этапе высокая неопределённость

в отношении хода вспышки привела к тому, что мы предложили альтернативы нашему базовому варианту – пессимистичный вариант, в котором глобальные меры менее успешны в сдерживании вируса; и оптимистичный вариант, в котором вирус быстро сдерживается».

В базовом варианте этого обзора [22] величина падения спроса на нефть в первом полугодии приводит к снижению мирового спроса на нефть и в целом за год – примерно на 90 тыс. баррелей в сутки (впервые с 2009 года). В пессимистичном варианте мировой спрос на нефть в 2020 г. «может» сократиться на 730 тыс. барр./сут., а в оптимистичном – вырасти на 480 тыс.

Подчеркнём, что все эти прогнозы эксперты МЭА сделали до провала переговоров в рамках ОПЕК+, объявления Саудовской Аравией и Россией намерений существенно нарастить добычу нефти и обвала на мировых фондовых рынках 9 марта. Эти новые факторы были учтены уже в апреле 2020 года в специальном исследовании «Global Energy Review 2020. The impacts of the COVID-19 crisis on global energy demand and CO<sub>2</sub> emissions», опубликованном «в ответ на исключительные обстоятельства, вызванные пандемией коронавируса» [12].

## 2020 год будет годом глубочайшей рецессии, заметно превышающей финансовый кризис 2008 года. И даже в 2021 году мировая экономическая активность вполне может быть ниже уровня 2019 года

В этой работе впервые в истории подобных исследований МЭА был проведен комплексный анализ энергопотребления и эмиссии углекислого газа по странам и видам топлива не только за предыдущий 2019 год, но и за первые три месяца 2020 года. Это позволило его авторам дать соответствующие вариантные оценки ожидаемых результатов по итогам всего 2020 года.

Эксперты МЭА считают, что на объём и динамику глобального ВВП и, соответ-

	2019 г., факт	Прогнозы на 2020 г., сделанные в 2019 г., в:				
		ноябре	декабре	январе	феврале	марте
<b>Спрос, всего</b>	<b>100</b>	<b>101,5</b>	<b>101,5</b>	<b>101,5</b>	<b>101</b>	<b>99,9</b>
в т. ч.: страны ОЭСР	47,6	48,1	48,1	48	47,8	47,4
остальной мир	52,4	53,4	53,4	53,4	53,1	52,5
<b>Предложение</b>						
страны ОЭСР	28,5	30,2	30,3	30,3	30,2	30,2
другие страны <sup>1</sup>	31,3	31,6	31,5	31,5	31,5	31,6
прочие поставки <sup>2</sup>	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3
итого	65	67	67	67	67	67,1
страны ОПЕК	35,5					
нефть	30					
конденсат	5,5	5,6	5,6	5,5	5,5	5,5
<b>предложение, всего</b>	<b>100,5</b>					
Изменения запасов и прочее <sup>3</sup>	0,5					
<b>Справочно: поставки странами ОПЕК в рамках исполнения сделки ОПЕК+<sup>4</sup></b>						
	29,5	29	29	28,9	28,4	27,3

Таблица 1. Нефть: прогнозы спроса и предложения на 2020 г., сделанные МЭА в ежемесячных обзорах Oil Market Report, млн барр./сут.  
Источник: по данным [22–26]

Примечания:

1. За исключением стран – членов ОПЕК.
2. Чистые объёмные прибыли и убытки в процессе переработки и потери от морских перевозок, а также производство жидкого биотоплива.
3. Включает изменения в неучтенных запасах в странах ОЭСР и странах, не входящих в ОЭСР.
4. Включая арифметическую разницу между общим спросом и общим предложением вне ОПЕК и поставками газового конденсата странами ОПЕК.

ственно, энергопотребления основное влияние оказывают не столько собственно пандемия COVID-19, сколько меры, направленные на сдерживание и блокировку её развития<sup>4</sup>. Так, по состоянию на 28 апреля полной или частичной блокировке было подвергнуто около 4,2 млрд человек или 54 % населения мира, представляющих почти 60 % мирового ВВП. Согласно име-

ющимся оценкам, на этапе блокировки экономики можно ожидать снижения объема производства на 20–40 % в зависимости от доли наиболее пострадавших секторов и жесткости принимаемых мер. На глобальном уровне это приводит к снижению ожидаемого годового ВВП на 2 % за каждый дополнительный месяц мер по сдерживанию пандемии.

В целом же, по мнению авторов исследования, прямое влияние пандемии на годовой ВВП и энергопотребление зависит от продолжительности блокировок, а косвенное влияние кризиса будет определяться формой восстановления экономической жизни. Однако, даже если периоды блокировки будут ограничены, 2020 будет годом глубочайшей послевоенной рецессии, заметно превышающей финансовый кризис 2008 года. И даже в 2021 году мировая экономическая активность вполне может быть ниже уровня 2019 года.

Эксперты МЭА исходят из следующего сценария дальнейшего развития ситуации: экономика, находящаяся в настоящее время в закрытом состоянии, открывается постепенно, а само это восстановление имеет U-образную форму и сопровождается постоянным значительным снижением эко-



Рис. 3. Динамика спроса и цен на сырую нефть  
Источник: [23]

<sup>4</sup> Отметим, что подобные выводы зачастую используются представителями различных политических партий и движений для критики принимаемых правительствами разных стран мер по локализации вспышек COVID-19.

## Спрос на энергию за год в мире сократится на 6%. Это самый большой спад за последние 70 лет. Больше всего спрос снизится в развитых странах: в США – на 9%, в Евросоюзе – на 11%

номической активности, несмотря на усилия в рамках проводимой макроэкономической политики («беспрецедентную волну фискальных и монетарных стимулов»). При этих допущениях мировой ВВП в этом году снизится на 6 %<sup>5</sup>.

Этот сценарий, сопряжённый со значительными неопределённостями, количественно определяет энергетическое воздействие глобального экономического спада, вызванного многомесячными ограничениями мобильности, социальной и экономической активности населения и бизнеса.

Анализ ежедневных данных до середины апреля, проведенный МЭА, показывает следующее:

- в странах с полной блокировкой наблюдается снижение спроса на энергоносители в среднем на 25 % в неделю;
- в странах с частичной блокировкой – в среднем на 17–18 %. Так, за первый квартал 2020 года мировой спрос на энергию снизился на 3,8 %, при этом большая часть снижения произошла в марте, когда меры по ограничению были введены в Европе, Северной Америке и других районах.

Принимая во внимание неопределенности, связанные с выходом из пандемического кризиса<sup>6</sup>, в отчете представлен один базовый сценарий развития энерге-

<sup>5</sup> Как отмечается в [12], этот сценарий в целом соответствует Сценарию затянувшейся пандемии в 2020 г. МВФ, опубликованному в апрельском выпуске «Перспективы развития мировой экономики».

<sup>6</sup> В числе основных из них называются неопределенности, связанные с экономическими перспективами, включая траекторию пандемии, последствия и продолжительность мер по сдерживанию распространения вируса, стратегии его повторного открытия, а также форму и скорость выздоровления по мере удаления пандемии. Существует также вероятность более продолжительных периодов блокировки, повторных заражений, которые могут привести к всплескам инфекций и второму циклу блокировок, второй волне инфекций осенью / зимой 2020 г. и серьезным сбоям в глобальной цепочке поставок.

тической ситуации, но для каждого вида энергоресурсов рассматриваются основные факторы, которые могут повысить или понизить спрос на него.

Результатом такого сценарного подхода является то, что спрос на энергию в целом за год в мире сокращается на 6 %. Это самый большой спад за последние 70 лет как в процентном, так и в абсолютном выражении (рис. 4). Больше всего спрос снизится в развитых странах: в США – на 9 %, в Евросоюзе – на 11 %. В целом же влияние COVID-19 на глобальный спрос на энергию в 2020 году будет более чем в семь раз сильнее, чем было влияние на него финансового кризиса 2008–2009 годов.



Обвал на фондовых рынках  
Источник: Petrovich99 / Depositphotos.com

Снижения экономической активности в мире отражается на использовании всех основных видов первичных энергоресурсов, но это воздействие носит крайне асимметричный характер и зависит от конкретной структуры потребления энергии. Традиционные зависимости между доходами и спросом на энергию уже нарушились из-за характера текущего многомерного кризиса. Некоторые виды использования энергии, такие как отопление жилищ газом, или потребление электроэнергии для серверных ферм и цифрового оборудования, остаются неизменными или даже развиваются. Другие энергоносители, в частности реактивное топливо для авиации, рухнули более резко, чем падение ВВП.

Уже в первом квартале 2020 года спрос на нефть упал почти на 5 %, главным образом из-за сокращения мобильности в целом и авиационных перевозок, в частности, на которые суммарно приходится почти 60 % мирового потребления нефтепродуктов. В то же время падение спроса на природный газ составило всего около 2 %. Но больше всего снизился спрос на уголь – почти на 8 % по сравнению с первым кварталом 2019 года. Правда, на такую динамику оказали воздействие сразу несколько факто-

### Глобальный спрос на уголь упадет примерно на 8 %, что будет самым большим сокращением его потребления со времен Второй мировой войны. Оно затронет почти все сектора каждого региона мира

ров. Во-первых, наиболее сильно пострадал от COVID-19 в первом квартале Китай, а его экономика по-прежнему базируется на использовании угля. Во-вторых, дешёвый газ и продолжающийся рост использования ВИЭ вытесняли уголь из баланса целого ряда развитых стран, в том числе США. Кроме того, во многих регионах мира ограничивала использование угля и мягкая погода.



Рис. 4. Темпы изменения мирового спроса на первичную энергию, 1900–2020 годы

Источник: [13]

По итогам первого квартала 2020 года была снижена и потребность в электроэнергии. В разгар блокировок во многих странах недельный график потребления электроэнергии был таким, будто бы все дни недели были воскресеньями, а «в течение нескольких недель график спроса напоминал график длительного воскресенья» [12]. В условиях блокировки/изоляции спрос на электроэнергию падает, так как резкое сокращение сферы услуг и промышленности лишь частично компенсируется более высоким уровнем использования электроэнергии в жилом секторе. И больше всего страдает экономика, основанная на услугах. Однако при этом выработка электроэнергии снизилась только на ТЭС и АЭС, тогда как доля ВИЭ в электроснабжении возросла.

Исходя из этих сценариев и особенностей дальнейшего развития экономической и энергетической ситуации в мире, МЭА прогнозирует изменения в структуре глобального потребления первичных источников энергии (рис. 5), со многими из которых трудно не согласиться, так как они наметились ещё до пандемии.

В частности, мировой спрос на нефть может снизиться на 9 %, или 9 млн барр./сут. в среднем за год, что приведет к возвращению потребления нефти к уровню 2012 г.<sup>7</sup>

Но уже в майском выпуске Oil Market Report [27] МЭА, исходя из того, что появились первые признаки ослабления ограни-

<sup>7</sup> По прогнозу Секретариата ОПЕК – на 6,8 млн барр./сут. [19].

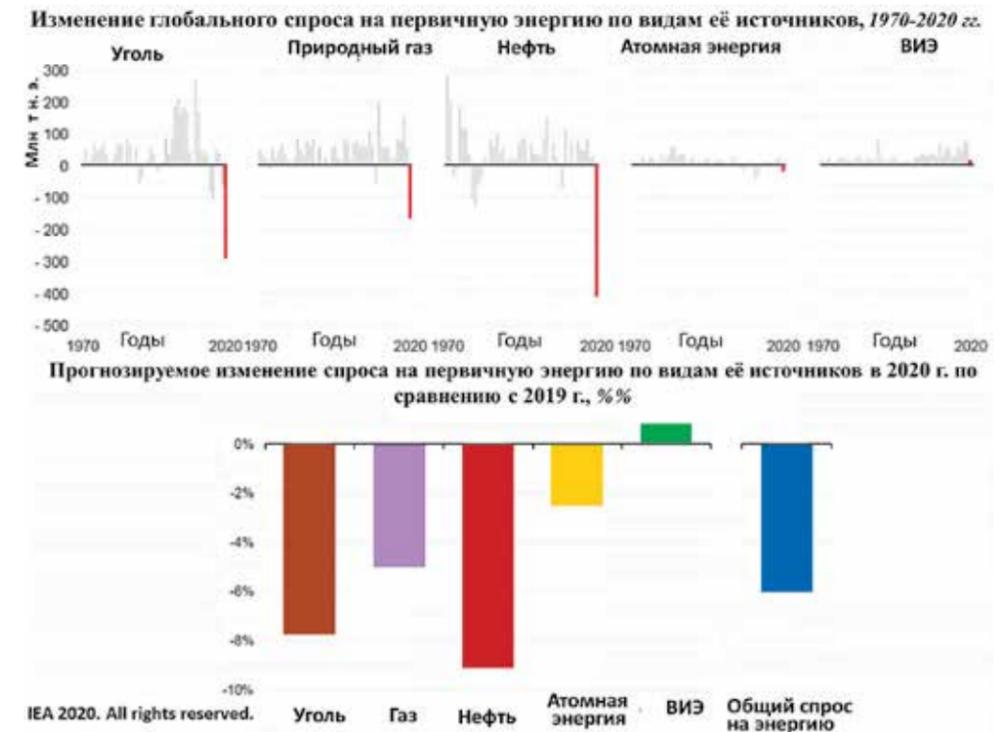


Рис. 5. Прогноз изменения глобального спроса на основные энергоносители в 2020 году

Источник: по данным [12, 13]

чений на передвижение, а экономическая активность начинает постепенное, хотя и хрупкое восстановление, в очередной раз пересмотрело свой прогноз спроса на нефть на 2020 год. По большому счёту это похоже не столько на уточнение прогноза, сколько на очередное признание его высокой неопределённости<sup>8</sup>.

Глобальный спрос на уголь упадет примерно на 8 %, что будет самым большим сокращением его потребления в годовом исчислении со времен Второй мировой войны. Это сокращение затронет практически все сектора каждого региона мира, при том, что восстановление спроса на уголь со стороны промышленности и производства электроэнергии в Китае может компенсировать более значительное снижение его в других регионах.

Мировой спрос на природный газ по итогам 2020 года может снизиться значительно больше, чем в первом квар-

<sup>8</sup> Если в «Global Energy Review 2020» спрос в среднегодовом исчислении прогнозировался ниже уровня 2019 г. на 9 млн барр./сут., а в апрельском выпуске Oil Market Report – на 9,3, то в майском – всего на 8,6 млн барр./сут. (до 91,2) [27]. Эксперты МЭА называют две основные причины этого пересмотра: ослабление мер по блокировке и, что более важно, резкое сокращение производства в странах, не входящих в ОПЕК, наряду с обязательствами, взятыми в рамках соглашения ОПЕК+. Напротив, Секретариат ОПЕК в майском выпуске Monthly Oil Market Report ухудшил свой прогноз: спрос в этом году упадёт на 9,07 млн барр./сут. (до 91,1).

тале – практически на 5 %, из-за спада в промышленности и снижения спроса на электроэнергию.

Спрос на атомную энергию также снизится как в результате снижения потребления электроэнергии в целом, так и в связи с задержками планового обслуживания и строительства нескольких новых проектов. По оценкам МЭА, это снижение может составить порядка 2,5 % по сравнению с 2019 годом.

Но если восстановление после кризиса ускорится, и строительство некоторых новых реакторов будет завершено в 2020 году, годовая выработка электроэнергии на АЭС

**Единственным источником энергии, который будет расти в 2020 году, будут ВИЭ. Из-за низких эксплуатационных расходов и льготного доступа к энергосистемам, их использование вырастет на 1 %**

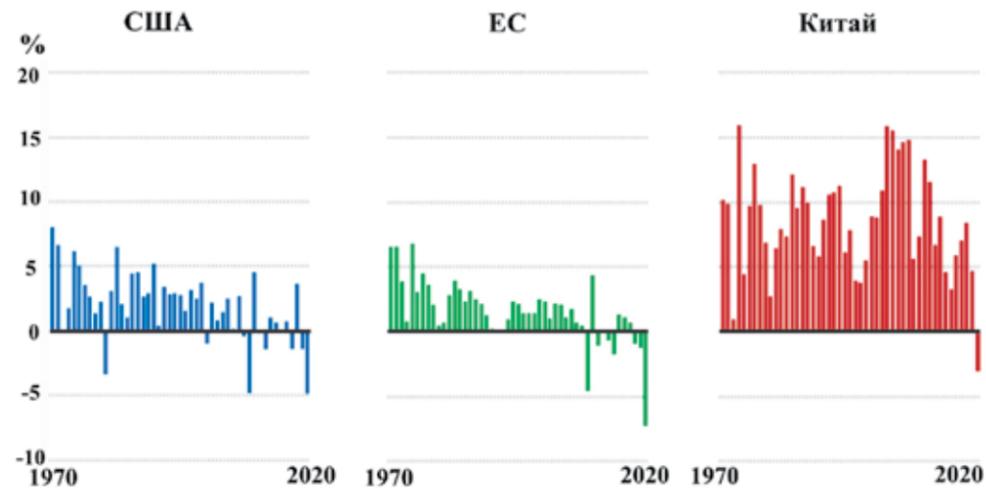


Рис. 6. Процентное изменение спроса на электроэнергию в отдельных регионах, 1970–2020 гг.

Источник: [13]

снизится на чуть более 1%. В то же время более продолжительная блокировка сократит глобальную выработку атомной энергии на 3% от уровня прошлого года.

Единственным источником энергии, который будет расти в 2020 году, будут возобновляемые источники энергии. Из-за низких эксплуатационных расходов и льготного доступа ко многим энергосистемам, общее использование возобновляемой энергии в мире вырастет в 2020 году примерно на 1%.

В результате спада промышленного производства и экономической активности в целом<sup>9</sup>, в 2020 году мировой спрос на электроэнергию сократится на 5%, что станет самым большим снижением со времен Великой депрессии. Наибольшее сокращение прогнозируется в таких регионах, как Европейский союз и США (рис. 6), но в той или иной мере оно будет иметь место во всех уголках мира, причём в некоторых – до 10%. К сожалению, оценка по России и Евразии в целом в этом исследовании МЭА нет.

Представляют интерес для российских специалистов и результаты исследований МЭА о влиянии мер по блокировке (строгой изоляции) на спрос на электроэнергию (рис. 7). Поскольку в России и сама пандемия, и меры по минимизации её распространения начались позже, чем в Китае и странах Европы, эти результаты могут стать дополнительным материалом для

<sup>9</sup> Отметим, что по оценкам Международной организации труда, из-за кризиса, вызванного коронавирусом, потеряет средства к существованию почти половина работающих в мире. При этом основной удар вирус и меры по борьбе с ним нанесли по занятым в неформальной экономике [28].

краткосрочного прогноза энергопотребления в нашей стране.

Одновременно произойдёт и дальнейшее изменение структуры электрогенерации: низкоуглеродистые источники энергии – ветер, солнце, гидро- и атомная энергетика – намного превзойдут выработку электроэнергии на базе угля, а их доля в суммарной выработке электроэнергии может достигнуть в 2020 году 40%.

В целом же, следует согласиться с выводами МЭА, что та беспрецедентная ситуация, которая сложилась в мире, и те пакеты стимулов, которые создают правительства, будут долгие годы влиять на формирование энергетического сектора мировой экономики, что будет иметь серьёзные последствия как для самой энергетической отрасли, так

Остановка одного из реакторов АЭС «Тианж», Бельгия

Источник: svopi.ru



и для энергетической безопасности и перехода на экологически чистую энергию.

## О воздействии кризиса на ТЭК России

Глобальный многоуровневый кризис провоцирует и ускоряет целый ряд процессов, непосредственно влияющих и на перспективы развития российской энергетики, особенно её нефтегазового сектора. Кроме банального снижения спроса на российские энергоносители и падения цен на них, это

Goals)<sup>12</sup> и Парижском соглашении о климате. Конечный же результат энергетических аспектов устойчивого развития – повышение эффективности и рационализация энергопотребления, его декарбонизация, в первую очередь путём снижения потребления ископаемых видов топлива, особенно угля и нефти, и развитие ВИЭ.

Конечно же, значительные изменения в деле борьбы за климат начались ещё до пандемии COVID-19. Так, Еврокомиссия 12 декабря 2019 года опубликовала проект новой промышленной стратегии Евросою-

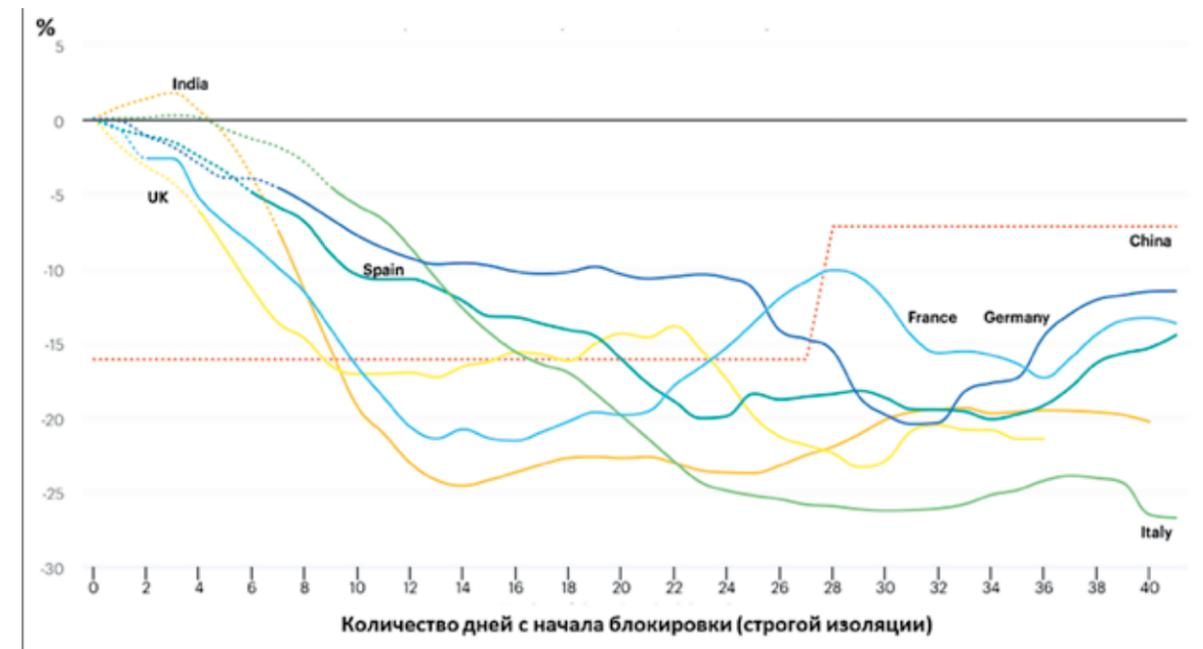


Рис. 7. Снижение спроса на электроэнергию в некоторых странах в первые 40 дней после осуществления мер по блокировке, с поправкой на погоду

Источник: [29]

Примечание: сплошная линия обозначает полную блокировку; пунктирная линия обозначает завершение и частичную блокировку

и стратегия так называемого энергетического перехода<sup>10</sup>, и борьба за решение климатических и экологических проблем в целом. Именно с решением этих проблем специалисты, политики, общественность связывают обеспечение так называемого устойчивого развития<sup>11</sup>, идеология и задачи которого нашли своё воплощение в «Целях устойчивого развития» ООН (SDGs или United Nations Sustainable Development

за – так называемой «зелёной» стратегии – «The European Green Deal» («Европейское «зелёное» соглашение»)<sup>13</sup>, в которой основным способом обеспечения устойчивости экономики названо решение климатических

<sup>10</sup> Подробнее об этом см. напр. [30–32].

<sup>11</sup> Под устойчивым развитием в самом общем виде понимается такое развитие общества, которое позволяет удовлетворять потребности нынешних поколений, не нанося при этом ущерба возможностям, оставляемым в наследство будущим поколениям для удовлетворения их собственных потребностей.

<sup>12</sup> «Цели устойчивого развития» ООН (SDGs или United Nations Sustainable Development Goals), официально известные как «2030 Agenda for Sustainable Development», приняты в сентябре 2015 г. 193 странами. В числе этих целей «Доступная и чистая энергия для всех», ставящая целью удвоение энергоэффективности и увеличение доли возобновляемых источников энергии (SDG 7); «Действия по изменению климата» (SDG 13), а также «Усилия по сокращению загрязнения воздуха», которые включены в «Задачи здравоохранения», ставящие целью снижение преждевременной смертности от загрязнения воздуха в домохозяйствах (SDG 3), и «Города и устойчивые сообщества» (SDG 11) [33].

<sup>13</sup> В СМИ его чаще называют «Зелёной сделкой».

и экологических проблем [34]. Разработчики проекта поставили генеральную задачу: к 2050 году превратить Европу в «первую климатически нейтральную часть света». Формально это подразумевает выход ЕС на нулевой уровень загрязнения окружающей среды, а по сути, проект направлен на тотальную декарбонизацию европейской экономики [35]. Проект, охватывающий все сектора промышленности, предусматривает стимулирование «зелёного роста» по всему блоку, создание чистой «круговой» экономики, радикальное сокращение выбросов парниковых газов и «подталкивание» других стран к более решительным действиям в отношении изменения климата [36]<sup>14</sup>.



Комната управления АЭС  
Источник: pozitivstudija / Depositphotos.com

Каковы возможные последствия для России этого документа, если он будет принят? По мнению директора Информационно-аналитического центра «Новая энергетика» (RenEn.ru) В. Сидорова, в случае реализации планов по снижению выбросов парниковых газов до климатически нейтрального состояния, использование нефти и газа в энергетических

<sup>14</sup> Подробный анализ на русском языке этого документа дан Т. Оганесяном [32] и В. Сидоровичем [36]. Как подчёркивает информационное агентство EuroNews, «Зелёная сделка» – крупнейшая в истории ЕС коррекция экономического курса. Первый рубеж «Зелёной сделки» – 2030 г. К этому времени предполагается добиться как минимум 40-процентного сокращения объёма выбросов парниковых газов от уровня 1990 г. Проект также предусматривает увеличение доли энергии из возобновляемых источников до 32 % в общей структуре энергопотребления и примерно такой же показатель экономии энергии [37].

## Эпидемия коронавируса и надвигающийся экономический кризис несут для российского ТЭК и целый «букет» опосредованных вызовов, связанных с ускорившейся перестройкой международных отношений

целях в ЕС может сократиться до крайне низких значений или практически до нуля к 2050 году [36]. Кроме того, проектом предусмотрены пошлины на импорт товаров с высоким углеродным следом, что выглядит как очевидная угроза не только Китаю, но и России. Конечно же, пандемия COVID-19 внесёт в реализацию этого проекта свои коррективы, но, скорее всего, в сторону ускорения этого процесса [38]<sup>15</sup>.

Однако эпидемия коронавируса и надвигающийся экономический кризис несут для российского ТЭК и целый «букет» опосредованных вызовов и неопределённостей, связанных с ускорившейся перестройкой международных отношений. Как считают многие эксперты, важнейшей составной частью этой перестройки является усиление американо-китайского соперничества и становление новой биполярной американо-китайской системы<sup>16</sup>. В этих условиях «сохранение и развитие сотрудничества между Москвой и Брюсселем могло бы стать одним из механизмов, препятствующих этой негативной тенденции» [10].

Естественно, что этот процесс не будет однозначно «положительным» или «отрицательным» для России и её энергетики. В стремительно меняющихся условиях в российско-китайских энергетических отношениях не наступит «абсолютно новой реальности», но уже существующие тенден-

<sup>15</sup> Как отмечает обозреватель интернет-газеты Lenta.ru П. Садыркин, любой кризис – самое удобное время для радикальных перемен [38].

<sup>16</sup> См. напр., работы Генерального директора Российского совета по международным делам А. Кортунова [10], директора Московского Центра Карнеги Д. Тренина [39] и др. международных политологов. В частности, как отмечает Д. Тренин, «Американо-китайская биполярность – не только экономическая и технологическая, но также геополитическая и военно-стратегическая – в итоге становится все более реальной». И добавляет: «Именно грядущая биполярность представляет собой главный вызов для российской внешней политики на несколько десятилетий вперед» [40].

ции могут резко ускориться. Как отмечают в этой связи специалисты-китаеведы, чудесного роста торговли России с западными странами ожидать не приходится. «В это время Китай будет единственной крупной страной, чья экономика пострадала не так сильно и уже начала восстанавливаться. Как и после кризиса 2008 г., Китай, чтобы нагнать темпы роста ВВП, активно займется строительством инфраструктуры, развитием отстающих западных регионов. Это потянет за собой рост потребления нефти и газа» [40].

## Каким будет новый мировой порядок?

В целом же многие из специалистов уверены, что того мира, в котором мы жили раньше, больше не будет. Нам придется изменить наш образ жизни, который мы вели в течение значительного времени. Будет новая реальность, будет новый мировой порядок. Однако, как справедливо отмечает Александр Баунов, любой мировой порядок – это новое равновесие, возникшее по итогам предыдущего кризиса. И у любого равновесия есть свои бенефициары и свои недовольные. Для недовольных текущее равновесие выглядит дисбалансом, а любой следующий кризис для них – это возможность изменить действующий порядок. Самый масштабный за столетие эпидемический и связанный с ним экономический кризис – как раз такое событие [41].

Весьма важным представляется и мнение обозревателя Агентства «РИА Новости» Дмитрия Косырева о том, что благодаря вирусу или независимо от него, но «единого мира теперь точно не будет»: «Не будет единых норм международного права, международной торговли, единой системы ме-

**«Подушка безопасности» – это не только «кубышка с деньгами на чёрный день», но и наука, технологии и специалисты, только они могут стать гарантами независимости страны и развития общества**

дицинской безопасности и многого другого, принятого всем миром. Будет несколько систем, выстраивающихся вокруг тех или иных центров силы и влияния» [42].

Но каким будет этот новый мировой порядок? Кто выйдет победителем в этой войне с невидимым врагом и станет мировым экономическим лидером? Кто проиграет и уступит свои позиции конкурентам? Как повлияет новый мировой порядок на продуктовую и региональную структуру мирового энергопотребления? Какая роль в нём будет отведена нефти и газу?

Похоже, что ответов на эти вопросы не знает никто, ответы на них даст только время<sup>17</sup>.



Производство LED-технологии, Китай  
Источник: omur12 / Depositphotos.com

## Заключение

Конечно, нет никаких сомнений в том, что человечество в конечном итоге преодолеет этот кризис. Однако, как уже приходилось писать [6], нам, России и россиянам, в условиях значительной неопределённости дальнейшего развития ситуации, необходимо готовиться к любому повороту событий. Готовиться, не падая духом и по-

<sup>17</sup> Как отмечает редактор портала Energy Post, «Наши самые прекрасные мыслители сегодня не могут сказать намного больше, чем "Помогите". И мы не можем обвинить их. Они знают, что у них нет ответов. Это беспрецедентные времена». Подробнее см. [43]. Мнения ряда ведущих экономистов и предпринимателей о том, каким они видят посткоронавирусный мир, см., напр., в [44].



Пляж закрыт во время COVID-19.  
Дель-Мар-Бич, Калифорния, США

Источник: bonandbon / Depositphotos.com

нимая, что «спасение утопающих – дело рук самих утопающих». Но чтобы быть к нему готовым, надо, прежде всего, иметь и непрерывно развивать соответствующий научно-технический и кадровый потенциал, совершенствовать структуру экономики.

А наступивший глобальный многоуровневый кризис должен, наконец, стать тем толчком, или той последней каплей, которые заставят нас сделать реальные шаги в направлении преодоления сырьевой зависимости российской экономики, которая является обратной стороной уровня её технологического развития, в направлении формирования инновационной экономики, в основе которой лежит наукоёмкое промышленное производство. Этот кризис должен стать дополнительным доводом для руководства страны принимать все возможные меры по ускоренной диверси-

фикации российской экономики, обеспечению развития нефтегазохимии и других отраслей, связанных с глубокой переработкой природных ресурсов. В сложившихся условиях для России видится лишь одна возможность сохранения себя как великой державы – ускоренный переход на рельсы ресурсно-инновационного устойчивого развития. Правда, говорить и писать об этом пришлось уже не один раз...<sup>18</sup>

И, конечно же, надо понимать, что «подушка безопасности» – это не только «кубышка с деньгами на чёрный день», но и наука, технологии и специалисты, могущие грамотно их использовать, поскольку только они в современных условиях могут стать гарантами сохранения независимости страны и развития общества.

<sup>18</sup> См., напр. [31,32,45,46].

## Использованные источники

1. Мастепанов А.М. *Мировая энергетика – новые вызовы. Доклад на ежегодном форуме Клуба Ниццы «Энергетика и геополитика»*. – URL: [http://www.iehei.org/Club\\_de\\_Nice/2010/MASTEPANOV\\_2010.pdf](http://www.iehei.org/Club_de_Nice/2010/MASTEPANOV_2010.pdf)
2. *Энергетика и геополитика* / Под ред. В.В. Костюка и А.А. Макарова. – М., Наука, 2011. Раздел «Мировая энергетика – новые вызовы». С. 68–91.
3. *Энергетические приоритеты и безопасность России (нефтегазовый комплекс)* / Под общей редакцией А.М. Мастепанова. – М.: ООО «Газпром экспо», 2013. 336 с.
4. Мастепанов А.М. *Мировая энергетика: ещё раз о новых вызовах // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом*. 2014, № 11. С. 4–6.
5. Мастепанов А.М. *Новая энергетическая картина мира – новые вызовы и неопределённости развития нефтегазовой отрасли // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом*. 2017, № 11. С. 9–14.
6. Мастепанов А.М. *Мир на изломе или новая реальность: о прогнозах развития энергетики и её нефтегазовой отрасли // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом*. 2020, № 5. С. 9–10.
7. Nassim Taleb Says 'White Swan' Coronavirus Pandemic Was Preventable March 30th, 2020 – URL: <https://www.bloomberg.com/news/videos/2020-03-30/nassim-taleb-says-white-swan-coronavirus-pandemic-was-preventable-video?sref=KNX4EXaz>

8. Нассим Талеб – РБК: «Я вижу угрозу серьезнее пандемии» – URL: <https://pro.rbc.ru/demo/5e998c119a7947697d5cb9d9>
9. Вакуленко С.В. *Идеальный шторм // Энергетическая политика*. 2020, № 4 (146). С. 4–11.
10. Картунов А.В. *Баланс слабостей. Как эпидемия изменит отношения России и ЕС* – URL: [https://carnegie.ru/commentary/81601?mkt\\_tok=eyJpIjoiWm1](https://carnegie.ru/commentary/81601?mkt_tok=eyJpIjoiWm1)
11. Бушуев В.В. *Случайность или непознанная закономерность? // Энергетическая политика*. 2020, № 4 (146). С. 20–29.
12. *Global Energy Review 2020. The impacts of the Covid-19 crisis on global energy demand and CO2 emissions*. IEA, April 2020. 55 P. – URL: <https://webstore.iea.org/login?ReturnUrl=%2fdownload%2fdirect%2f2995>
13. IEA. *Global Energy Review. The impacts of the COVID-19 crisis on global energy demand and CO2 emissions*. 30 April 2020. Launch presentation for press – URL: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/74921671-51f5-4b5d-b88f-cd58b24ae23f/GER\\_2020\\_PRESS\\_final.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/74921671-51f5-4b5d-b88f-cd58b24ae23f/GER_2020_PRESS_final.pdf)
14. *European Economic Forecast. Spring 2020. INSTITUTIONAL PAPER 125 | MAY 2020*. European Commission. Directorate-General for Economic and Financial Affairs. 216 P. – URL: [https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-performance-and-forecasts/economic-forecasts/spring-2020-economic-forecast\\_en](https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-performance-and-forecasts/economic-forecasts/spring-2020-economic-forecast_en)
15. *Сайт РБК*: <https://rbc.us20.list-manage.cjm/track/click?u=9593212aae48ef980d8bc6b57&=a38263a3f4&e=9626405cf2>
16. *Противодействие кризису: приоритетные задачи для мировой экономики* – URL: <https://www.imf.org/ru/News/Articles/2020/04/07/sp040920-SMs2020-Curtain-Raiser>
17. URL: [https://www.ecfr.eu/article/commentary\\_the\\_coronavirus\\_a\\_geopolitical\\_earthquake?](https://www.ecfr.eu/article/commentary_the_coronavirus_a_geopolitical_earthquake?)
18. *World Economic Outlook, April 2020: The Great Lockdown*. – URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/04/14/weo-april-2020>
19. *OPEC Monthly Oil Market Report – April 2020; OPEC Monthly Oil Market Report – May 2020* – URL: <https://momr.opec.org/pdf-download/>
20. *COVID-19* – URL: [https://www.iea.org/topics/covid-19?utm\\_campaign=IEA%20newsletters&utm\\_source=SendGrid&utm\\_medium=Email](https://www.iea.org/topics/covid-19?utm_campaign=IEA%20newsletters&utm_source=SendGrid&utm_medium=Email)
21. URL: <https://www.rubaltic.ru/article/politika-i-obshchestvo/19032020-koronavirus-vyzval-katastrofu-pribaltiki/>
22. *Oil Market Report*. 9 March 2020. – URL: <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-march-2020>
23. *Oil Market Report*. 15 November 2019. – URL: <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-november-2019>
24. *Oil Market Report*. 12 December 2019. – URL: <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-december-2019>
25. *Oil Market Report*. 16 January 2020. – URL: <https://webstore.iea.org/oil-market-report-january-2020>
26. *Oil Market Report*. 13 February 2020. – URL: <https://webstore.iea.org/oil-market-report-february-2020>
27. *Oil Market Report – May 2020*, IEA, Paris – URL: <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-may-2020>
28. URL: <https://news.mail.ru/society/41735659/?frommail=1>
29. *Weekly electricity data as of 27 April 2020*. – URL: [https://www.iea.org/reports/weekly-electricity-data-as-of-27-april-2020?utm\\_campaign=IEA%20newsletters&utm\\_source=SendGrid&utm\\_medium=Email](https://www.iea.org/reports/weekly-electricity-data-as-of-27-april-2020?utm_campaign=IEA%20newsletters&utm_source=SendGrid&utm_medium=Email)
30. Мастепанов А.М. *Энергетический переход как новый вызов мировой нефтегазовой отрасли // Энергетическая политика*. 2019, № 2. С. 62–69.
31. Мастепанов А.М. *Энергетический переход: к чему готовиться мировому нефтегазу // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом*. – 2019, № 10 (178). С. 5–14.
32. Мастепанов А.М. *Энергетический переход как генеральное направление развития энергетики будущего // Экологический вестник России*. 2020. № 1, С. 10–15; № 2, С. 12–19.
33. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* – URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
34. *The European Green Deal. European Commission. Brussels, 11.12.2019 COM(2019) 640 final* – URL: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF)
35. Оганесян Т. *Большая «зеленая» сделка ЕС* – URL: <https://stimul.online/articles/sreda/bolshaya-zelenaya-sdelka-es/>
36. Сидорович В. *Европейское «Зеленое соглашение» и его последствия для России* – URL: <https://renew.ru/the-european-green-deal-and-its-implications-for-russia/>
37. «Зеленая сделка» ЕС: когда и для чего? – URL: <https://ru.euronews.com/2020/01/15/rb-03-european-green-deal>
38. Садыркин П. *Зеленый шанс. Коронавирус меняет мировую экономику. Как Россия может выиграть от этого?* – URL: <https://lenta.ru/articles/2020/05/08/chance/>
39. Тренин Д. *Как России удержать равновесие в посткризисном биполярном мире* – URL: <https://carnegie.ru/commentary/81541>
40. Габуев А., Умаров Т. *Экстренное сближение. Как пандемия усилит зависимость России от Китая* – URL: <https://carnegie.ru/commentary/81633>
41. Баунов А. *Ревизия границ. Какими будут международные отношения после пандемии?* – URL: [https://carnegie.ru/commentary/81714?utm\\_source=rssemail&utm\\_medium=email&](https://carnegie.ru/commentary/81714?utm_source=rssemail&utm_medium=email&)
42. Косырев Д. *Наглость должна быть наказуема: в Китае размышляют о санкциях против США*. – URL: <https://ria.ru/20200516/1571515579.html>
43. *Energy Post newsletter, April 10th, 2020* – URL: <https://energypost.eu/?s=Energy+Post+newsletter%2C+April+10th%2C+2020>
44. *Каким будет мир после коронавируса?* – URL: [https://mustread.kpmg.ru/articles/kakim-budet-mir-posle-koronavirusa/?utm\\_campaign=newspaper\\_12\\_5\\_2020&utm\\_medium=email&utm\\_source=vedomosti](https://mustread.kpmg.ru/articles/kakim-budet-mir-posle-koronavirusa/?utm_campaign=newspaper_12_5_2020&utm_medium=email&utm_source=vedomosti)
45. Дмитриевский А.Н., Мастепанов А.М., Бушуев В.В. *Ресурсно-инновационная стратегия развития экономики России // Энергетическая политика*. 2019, № 1. С. 3–10.
46. Мастепанов А.М. *Нужна ли России промышленная политика // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом*. 2019, № 8 (176). С. 5–6.

# Пандемия и выбор новой энергетической парадигмы: иллюзия или реальность

## Pandemic and the choice of a new energy paradigm: illusion or reality

УДК 338.27:620.9

Елена Александровна ТЕЛЕГИНА  
Декан факультета международного энергетического бизнеса РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина,  
член-корреспондент РАН, д. э. н., профессор  
e-mail: meb@gubkin.ru

Elena TELEGINA  
Associate member of RAS,  
D. Sc. Economics, Gubkin University  
e-mail: meb@gubkin.ru

Людмила Алексеевна СТУДЕНИКИНА  
Доцент кафедры стратегического управления ТЭК, к. э. н., доцент, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина  
e-mail: las@gubkin.ru

Lyudmila STUDENIKINA  
C. Sc. Economic, Gubkin University  
e-mail: las@gubkin.ru

Самолеты на стоянке в аэропорту

Источник: stepheng101 / Depositphotos.com



Гигантские ветряные турбины

Источник: portokalis / Depositphotos.com

Аннотация. В статье рассматриваются последствия влияния пандемии коронавируса на мировое развитие, формирование новой энергетической парадигмы и темпы перехода к «зеленой» энергетике.

Ключевые слова: пандемия коронавируса, новая энергетическая парадигма, «зеленая» энергетика.

Abstract. The article considers the consequences of the impact of the pandemic on world development, the formation of a new energy paradigm and the pace of transition to green energy.

Keywords: coronavirus pandemic, new energy paradigm, «green» energy.

## //

### Количество занятых в «зеленой» энергетике будет неуклонно расти, особенно в азиатском регионе, и достигнет 42 млн рабочих мест к 2050 году

Пандемия и вынужденный спад экономической активности, снижение спроса на все основные сырьевые товары, драматический обвал цен на нефть в первом полугодии 2020 года заставляют не только оценить масштаб урона, понесенного мировой экономикой, но и обратить внимание на пусть пока слабые, но уже четкие различимые сигналы об изменении энергетического рынка.

1. Срыв сделки ОПЕК+ в начале марта 2020 года и снижение нефтяных котировок до уровня конца прошлого века на фоне сокращающегося спроса на нефть и нефтепродукты расценивалось многими, прежде всего, как попытка нанести удар по сланцевой отрасли США, которая за последние несколько лет вышла на рекордную добычу, опередив основных конкурентов – Саудовскую Аравию и Россию. Однако падение мирового потребления углеводородов и демпинг по ценам на аравийскую нефть привели к рекордному заполнению нефтехранилищ стран-потребителей дешевой нефтью. Это, в свою очередь, вызвало уход нефтяных фьючерсов на западно-техасскую нефть в зону отрицательной доходности.

Настроения участников нефтяного рынка в этот период демонстрировали сомнения в возможности восстановления долгосрочного спроса.

Глава Международного энергетического агентства Фатих Бироль высказал предположение, что снижение спроса на нефть может носить долговременный и необратимый характер. Он назвал апрель 2020 года худшим месяцем в нефтяной истории [1].

Действительно, на фоне падающих цен стремительно сокращалась добыча на сланцевых месторождениях, количество работающих буровых существенно снизилось,

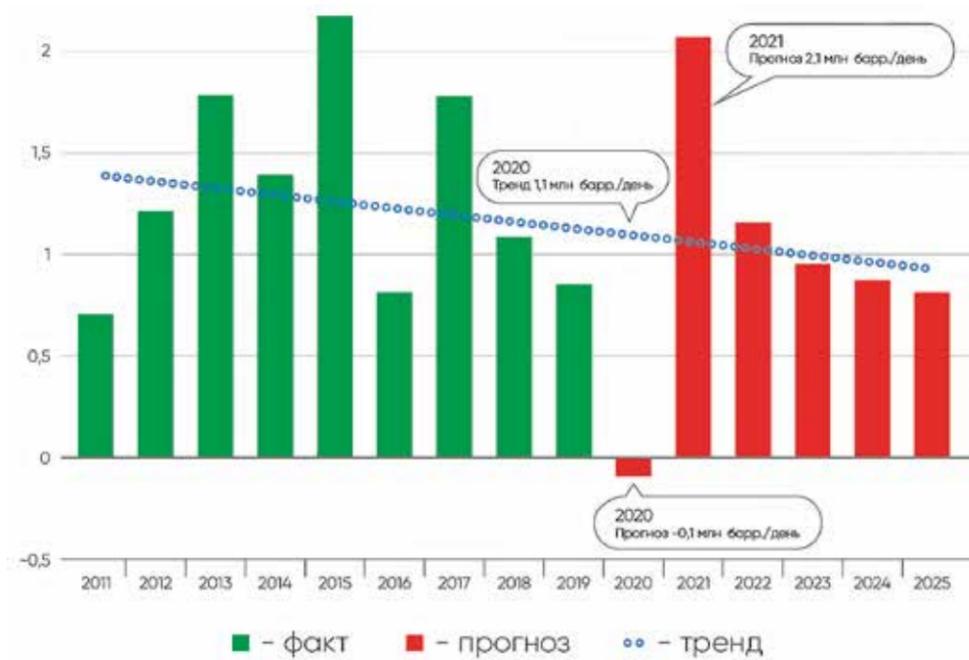


Рис. 1. Спрос на нефть в мире, 2011–2025 гг., млн барр./день

Источник: [2]

низко маржинальные производители закрывались и приближались к банкротству.

Потребители продукции нефтяной отрасли не дают оснований надеяться на быстрое восстановление спроса. Авиаперевозчики испытывают худший в своей истории экономический спад из-за закрытого неба. Карантинные меры резко сократили использование автомобильного транспорта. Промышленное производство практически остановилось во многих странах. В целом спрос на нефть и нефтепродукты сократился более, чем на треть по сравнению с прошлым годом. Вернуться к докризисному уровню будет возможно не раньше, чем к концу 2023 года (рис. 1).

2. Ухудшились условия жизни огромного количества людей – рост безработицы, остановка производств и разорение компаний малого и среднего бизнеса, несмотря на меры поддержки правительств, приведут к снижению уровня доходов и масштабов потребления большинства домохозяйств, а в странах с большой долей населения с низкими доходами, не имеющих сбережений, сжатие потребительского сегмента будет долгосрочным и весьма существенным.

Несомненно, что экономия на тратах неизбежно коснется сегмента дорогостоящих товаров, включая автомобили.

В этих условиях каршеринг может занять нишу личного владения автотранс-

портом в пользу использования арендных машин только на необходимые поездки, а сегмент бизнес-перелетов, дающий основную доходность авиаперевозчикам, сократится в пользу региональных путешествий в границах страны или близлежащих соседей. Очевидно, что эти факторы нельзя игнорировать при оценке будущего спроса на нефтепродукты. При этом, как мы знаем, многие страны Евросоюза уже приняли решение о запрете продажи автомобилей с двигателем внутреннего сгорания на своих рынках. В частности, в Норвегии продажи таких машин запрещены с 2025 года, в Нидерландах – с 2030 года, во Франции и Великобритании – с 2040 года.

3. Глобальный энергетический переход, начавшийся в первом десятилетии XXI века

**Инвесторы готовы вкладывать не в сегменты традиционного спроса, а в новые сектора, демонстрирующие рост. Это медицинские и биотехнологические компании, а также «зеленая» энергетика**

и знаменующий начало широкомасштабного использования альтернативной энергетики в качестве основы энергообеспечения жизнедеятельности людей, может получить значительное ускорение после пандемии.

Речь идет не только о правительственных программах «зеленой» энергетики в развитых странах мира, но и о сознательном выборе населения, озабоченного своим здоровьем и жизнью будущих поколений. Экологическое пространство, в условиях новых возможностей работы удаленно онлайн, становится потребностью достаточно широкого круга профессионалов, которые готовы платить больше за комфорт и чистую среду. Даже мода меняет свои тренды, переходя от продажи люксовых брендов к экологически чистым моделям одежды.

4. Важным в оценке будущих трендов развития является реакция финансовых рынков на слом привычных векторов инвестиций. Так, по опросам, инвесторы будут готовы вкладывать средства не в сегменты традиционного спроса, а в новые продукты и компании, которые могут демонстрировать устойчивый рост. Это, прежде всего, медицинские и биотехнологические компании, а также «зеленая» энергетика (рис. 2).

Рис. 2. «Зеленое» восстановление экономики\*, %  
Источник: [3]

\*Более 200 представителей мировых финансовых организаций оценили инструменты поддержки восстановления глобальной экономики и насколько «зелеными» они могут быть.

Ветряная энергетика в Нидерландах

Источник: kruwt / Depositphotos.com





Рис. 3. Прогноз занятости в секторе возобновляемой энергетики: млн рабочих мест к 2050 году, по регионам

Источник: [4]

Именно возможность заработать на новом будет толкать спрос вверх, и, хотя здесь, со временем, могут надуться финансовые пузыри, очевиден формирующийся тренд на ближайшие годы.

5. Многие сейчас ожесточенно дискутируют на тему о том, сохранит ли дешевая нефть свои преимущества на глобальном рынке, отодвинув тем самым пик спроса и замедляя развитие альтернативной энергетики? Здесь не нужно забывать и о высокотехнологичном поступательном развитии, где рабочие места будут создаваться в новых секторах, охваченных использованием искусственного интеллекта, а занятость в традиционных секторах экономики будет неуклонно сокращаться вследствие роботизации и автоматизации производства. По прогнозам, количество занятых в отраслях зеленой энергетики будет неуклонно расти, особенно в азиат-

ском регионе, и достигнет 42 млн рабочих мест к 2050 году (рис. 3).

Конечно, традиционная энергетика, основанная на использовании органических топлив, еще долго будет оставаться основным локомотивом промышленного развития большинства стран мира, особенно со слабой экономической системой. Использование собственных энергоресурсов как основы энергетической безопасности будет служить базой масштабного производства угля в странах с большим количеством бедного населения.

Однако, по мере роста уровня и качества жизни энергетический переход таких стран к экологически чистой энергетике будет неизбежен. Его скорость определится динамикой повсеместного внедрения «зеленой» энергетики в развитых странах. И эта динамика может оказаться гораздо более быстрой и масштабной, чем представлялась до пандемии.

### Использованные источники

1. «April may prove worst ever month for oil industry – IEA's Birol». – URL: <https://ru.reuters.com/article/financialsSector/idUKL9N28000H>
2. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-oil-demand-growth-2011-2025>
3. «Green Stimulus Finds Support From G-20 Officials, Central Bankers». – URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-05-04/world-s-economists-agree-economic-stimulus-ought-to-be-green>
4. «Coronavirus Seen Slowing, Not Stopping, Green-Energy Jobs Boom». – URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-04-20/coronavirus-seen-slowing-not-stopping-green-energy-jobs-boom>



Отгрузка нефти в танкеры с морской платформы  
Источник: Lurii / Depositphotos.com

# Камо грядеши? Quo vadis?

УДК 338.27

Виталий Васильевич БУШУЕВ  
Генеральный директор  
Института энергетической стратегии,  
д. т. н., профессор  
e-mail: vital@df.ru

Vitaly BUSHUEV  
Director General with Institute for Energy Strategy,  
President of the Laboratory «Energy Initiative»,  
professor, Doctor of Engineering  
e-mail: vital@df.ru

Bosco Verticale («Вертикальный лес») в Милане, Италия

Источник: man64 / Depositphotos.com



Аннотация. Принятие правительством в апреле 2020 года Энергетической стратегии России до 2035 года (ЭС-2035) означает, что, несмотря на эпидемию коронавируса и обвал экономики, будущее развитие энергетики остается в центре внимания и власти, и бизнеса. Глубина и многогранность текущего кризиса подсказывает, что последующий за ним период жизни страны, да и всего мира, будет неизбежно отличаться от прежнего. А потому, уже сейчас необходимо задуматься, каковы качественные особенности этого нового мира и какие меры необходимо предпринять в ответ на новые вызовы. Автор пытается сформулировать вопросы и сформировать некие представления о грядущей трансформации посткризисного мира в целом и энергетики в частности. Он исходит из того, что энергетика станет ядром организационных и технологических трансформаций к новому обществу.  
*Ключевые слова:* циклы, кризис, дом-экос, энергоинформационные технологии.

Abstract. Approval of the «Energy Strategy of Russia 2035 (ES-2035)» in April 2020 means that despite the coronavirus epidemic and the collapse of the economy, the future development of the energy sector remains in the focus of attention of both government and business. The depth and versatility of the current crisis suggests that the subsequent period of the life of the country, and the whole world, will inevitably differ from the previous one. Therefore, now it is necessary to think about what are the qualitative features of this new world and what measures should be taken in response to new challenges. The author tries to formulate questions and form some ideas about the upcoming transformation of the post-crisis world in general and energy, in particular. He proceeds from the fact that energy will become the core of organizational and technological transformations towards a new society.

*Keywords:* cycles, crisis, house-ecos, energy information technologies.

## //

**Ныне мы слышим  
лишь увертюру,  
которая предвещает  
радикальные перемены  
и создание к началу 60-х  
годов XXI века нового  
мироустройства**

### Особенности нынешнего кризиса

Кризисы были, есть и будут – таков циклический закон мирового развития. Они, как правило, заканчивают тот или иной цикл и начинают новый. Поэтому глубина кризиса, его продолжительность и зона распространения увязана с масштабом

и уровнем соответствующего цикла. Циклы бывают трех видов:

1. Первый – когда система после снятия внешних факторов возвращается в исходное состояние с небольшими изменениями параметров социально-экономической жизни и энергетического баланса. К ним можно отнести межкризисные экономические, эпидемиологические циклы и циклы колебаний цен на мировом энергетическом рынке.
2. Второй – когда система переходит в качественно новое состояние с изменением структурных отношений между ее главными составляющими (природой, социумом и человеком). На данный момент мы уже наблюдаем такие изменения в системе как декарбонизация, децентрализация и дигитализация энергоэкономических отношений.
3. Третий – когда система переходит к структурным мутациям и капитальному ремонту в нашем планетарном Доме – Экосе (от греч. oikos – жилище и «ойкумена» – среда обитания человека на Земле).

Для каждой системы периодичность кризисов различна, что определяется ее внутренними динамическими свойствами. В природе это: утро – день – вечер – ночь, а также весна – лето – осень – зима.

Для общественных систем циклы тоже имеют четырехэтапность. Обычно они имеют продолжительность 4 года для первого вида циклов (причем четвертый – високосный год, самый «пакостный» по народным поверьям); для второго вида 10–12 лет (три периода по 4 года, это совпадает с периодичностью солнечной активности). Кроме того, известны и длинные так называемые имперские циклы – 144 года (третий вид), состоящие из четырех 36-летних периодов с разной степенью мутаций цивилизационных систем. Эти 36-летние этапы являются, с одной стороны, объединением трех циклов второго вида, а с другой – со-



Дома будущего  
Источник: Iurii / Depositphotos.com

ставной частью длинного цикла 3-го вида. Хотя имперский цикл, строго говоря, имеет отношение только к изменению социально-политического фасада общего дома и формально характеризует развитие лишь одной страны, но кризисы, которые знаменуют

---

**Всего за последний век отмечено около 20 экономических кризисов, 11 мировых вирусных пандемий и 6 нефтяных кризисов. Все они не были синхронны ни во времени, ни в пространстве**

---

его начало и конец, открывают многие радикальные изменения в мировой системе в целом.

Любой межкризисный цикл включает три эволюционных этапа: политического рассвета, экономического расцвета и социального развития, а затем неизбежный «високосный» этап замирания – стагнации и инволюционного разворота к новому кризису. Но кризис – это не крах всего и вся, это необходимое состояние трансформации общества в новое качество. Это – «ночь перед рождением». Новое всегда рождается в муках, приходя на смену прежнему миру, потерявшему свою устойчивость и пассионарность.

Все предыдущие кризисы за последние 100 лет, как правило, касались какого-либо одного региона и одной стороны общественной жизни: великая депрессия в США 1929–1932 годов, нефтяная война на Ближнем Востоке 1973 года, азиатский финансовый кризис 1987 года, африканская лихорадка Эбола 2014 года и другие. Всего за последний век отмечено около 20 экономических кризисов, 11 мировых вирусных пандемий и 6 нефтяных кризисов. Все они не были синхронны ни во времени, ни в пространстве, потому, как правило, они благополучно разрешались, и восстанавливалась прежняя жизнь. Исключения составляют лишь два комплексных исторических события, имеющие глобальное для мира значение. Первая мировая война, совпавшая по времени со знаменитой «испанкой» и спровоцировавшая революцию 1917 года в Рос-

сии. Революция ознаменовала появление социализма не только в отдельно взятой стране, но и широкое последующее распространение социалистических и коммунистических идей в мире. Революция в России способствовала перестройке социально-экономической жизни страны на базе индустриализации и электрификации. Она привела к изменению организации и управления страной на базе централизации и планирования. Эти же новые

только с какими-то частными факторами, но он всегда характеризуется синхронностью и широким ареалом проявления множества факторов. Развал СССР завершил его 72-летнюю историю, длившуюся ровно половину имперского цикла в нашей стране.

Нельзя механически переносить этот цикл на всю мировую историю, но его окончание (как и начало) ознаменовало существенную перестройку всего миропорядка. Последовал развал социалистического



Планетарный дом – един, но в каждой «квартире» народы живут по собственным представлениям

Источник: Angela\_Harburn / Depositphotos.com

принципы во многом были использованы и во всем мире. Милитаризация Германии и конвейерное производство в США, выход из «Великой депрессии» – отражали усиление роли государства в экономике и общественной жизни. Это стало общим обликом многих промышленно развитых стран того времени.

Другое переломное не только для нашей страны, но и для мира в целом событие – это кризис 1988–1989 гг., сопровождавшийся постчернобыльским синдромом, «новым мышлением» первого и единственного президента СССР Михаила Горбачева и обострением межнациональных отношений в Советском Союзе. Наряду с другими факторами, это привело в целом к развалу СССР. Глобальный кризис никогда не связан

лагеря в Европе, глобализация мирового рынка и укрепление мировой гегемонии США в военно-политическом, финансово-экономическом и информационном отношении.

Кроме того, глобальный кризис конца 80-х и начала 90-х годов открыл новую главу и новый цикл не только в геополитической, но и в мировой технологической истории.

По-видимому, неслучайно на этот же переломный момент в мировой истории приходится и компьютерная революция. Технический прогресс в электронике к началу 90-х годов привел к резкому повышению быстродействия и микроминиатюризации элементной базы вычислительной техники, прочно закрепилась тенденция на развитие

и использование персональных компьютеров, которые, интегрируясь, привели к созданию «всемирной паутины». А появление операционной системы Windows сделало интернет массовым.

«Зеленая» революция в энергетике, связанная с реальной или мнимой (это уже неважно) угрозой глобального потепления, привела к массовому использованию возобновляемых источников энергии и курсу на децентрализацию систем энергоснабжения.

Таким образом, кризис 1988–1990 годов обозначил переход всей миросистемы к новому укладу жизни, к новому миропорядку, к новому общецивилизационному циклу (3-го вида).

Казалось бы, что общего между возникновением и крахом СССР, просуществовавшим 72 года – ровно половину имперского цикла, с одной стороны, и новым кризисом спустя 36 лет, который грядет на уровне 2024–2025 годов и открывает собой «високосный» период имперского цикла. Этот период подводит итог постимперской эры цивилизационного развития России и, возможно, других стран Восточной Евразии. Ныне (на уровне 2024–2025 гг.) заканчивается третья волна глобального 144-летнего периода (1917–2061 гг.), открывая собой начало четвертого (2025–2061 гг.) – «високосного» завершающего периода имперского цикла.

Ныне мы слышим лишь увертюру, которая предвещает радикальные перемены и создание к началу 60-х годов XXI века нового мироустройства. Общее в этих исторических событиях (1917, 1989 и 2061) – то, что они означают коренную реконструкцию нашего планетарного дома, нашей цивилизации. Эти периоды имперского цикла относятся только к одной стране – к России, но их завершение означает глобальный кризис, знаменующий переход от одного к последующему виду развития цивилизации. Эта коренная мутация мировой системы предваряется множеством нарастающих по времени и по масштабам кризисов, которые и приводят к столь глобальным переменам. Любой глобальный кризис – это

**Любой межкризисный цикл включает три эволюционных этапа: политического рассвета, экономического расцвета и социального развития, а затем неизбежный «високосный» этап замирания – стагнации**



Отличительной особенностью нынешнего глобального кризиса является всеобщий резонанс

Источник: grandfailure / Depositphotos.com

не одномоментный акт, а целый процесс, при котором увеличиваются тревожные ожидания, формируются революционные ситуации, идет потеря устойчивости и живучести миросистемы, наблюдается экспоненциальный рост кризисов второго типа, связанных, в частности, с проблемой глобального потепления либо нынешней коронавирусной пандемией. При этом, поводом для любого кризиса могут стать самые незначительные факторы, которые на границе устойчивости системы играют роль триггеров.

Тому есть три причины: текущий кризис, охватив все народы мира и все сферы жизни, стал всеобщим; он имеет резонансный

характер, когда достаточно незначительной искры, приводящей ко всеобщему пожару; а главное, он являет собой начало коренного перелома мироустройства, отражающего смену больших циклов цивилизационного развития (смену активного ресурсного потенциала, финансового и технологического обеспечения, организации жизни общества).

Как показывают модельные представления исторической динамики миросистемы, сам по себе текущий кризис ближе ко второму виду в силу его масштабности и многогранности, но он является предвестником глобальных цивилизационных перемен (кризиса третьего вида) в силу его исторической предопределенности. Он, как пожар в общепланетарном доме, охватил все страны мира, затронул все стороны жизнедеятельности народов – от самой физической выживаемости людей до развала мировой экономики. И, наконец, он совпал по времени с завершением глобального цивилизационного цикла и неизбежным переходом от доминанты промышленного развития, ориентированного на материальный рост, к развитию социогуманизма.

Политическая глобализация мира с всеобщим монополизмом одной империи и система мировой экономики в целом оказались бессильны перед угрозой всеоб-

**Особенностью текущего глобального кризиса является всеобщий резонанс – совпадение по времени циклов повторения биологических пандемий, экономических рецессий и смены технологических укладов**

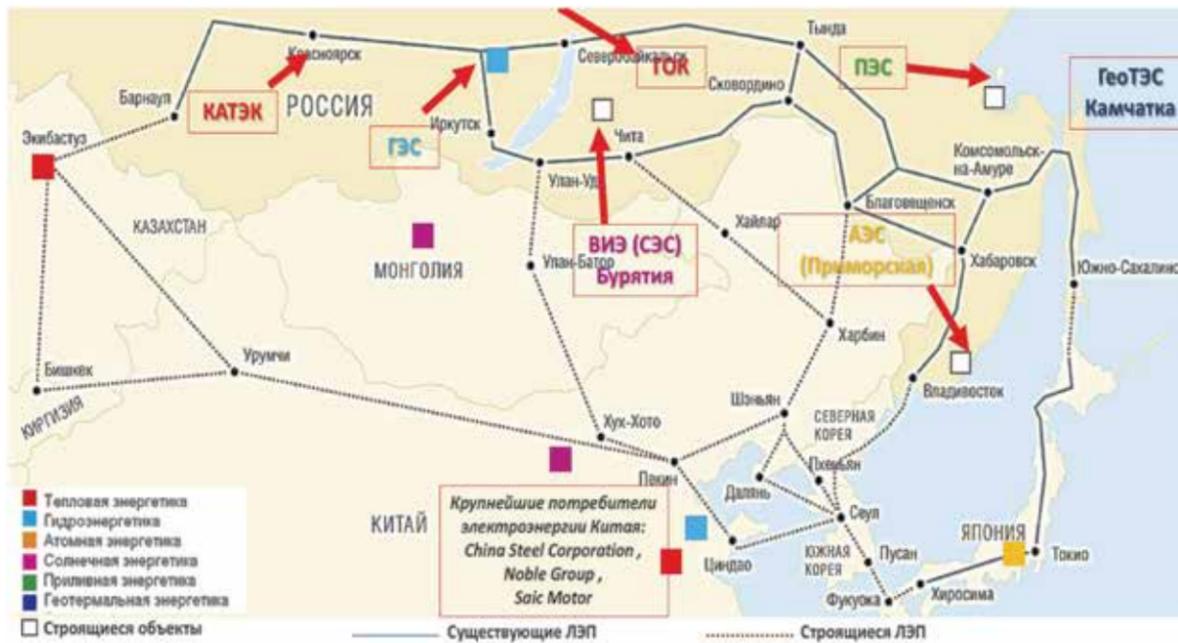


Рис. 1. Азиатское энергетическое кольцо

щей коронавирусной эпидемии; мировая экономика претерпевает коллапс. Теперь каждый «сам по себе» и спасается в одиночку. Энергетический рынок и, в первую очередь, нефтяной перешел из дефицитного к профицитному состоянию. Он заканчивает свое существование как инвестиционный «джокер».

Отличительной особенностью нынешнего глобального кризиса является всеобщий резонанс – совпадение по времени циклов повторения биологических пандемий, экономических рецессий и смены технологических укладов. А при резонансе не только складываются, но и умножаются и сами кризисы, и их последствия. Достаточно одной искры, чтобы все вспыхнуло. Возникает мировой пожар, у которого не бывает какой-то одной причины, а есть множество наложенных самых разных факторов. Таким триггером для нынешнего глобального кризиса явилась коронавирусная пандемия, которая сама по себе не представляет какой-то глобальной опасности. Но как

### Триггером для текущего кризиса стала пандемия COVID-19.

**Сама по себе она не представляет глобальной опасности, но она стала искрой, из которой возгорелось пламя мировой катастрофы**

искра, попавшая на подготовленную почву, она и привела к глобальной катастрофе. Конечно, любой пожар рано или поздно будет потушен. Но возникает вопрос, а сможем ли мы жить дальше на этом пепелище. Ведь уже ясно, что ситуация не может разрешиться эволюционным восстановлением старого миропорядка, а приведет к коренным структурным изменениям всей миросистемы.

Главное, что нынешняя ситуация – это начало «високосного» этапа – четвертой части имперского цикла российской (и мировой) цивилизации. А это – период не только «зимней спячки», но и «ночь перед рождеством», период отмирания старых отношений и больших перемен в преддверии



Текущий кризис ставит вопрос о поиске глобальной стратегии развития энергетики  
Источник: Elenarts / Depositphotos.com

нового миропорядка. Наш дом – «экос» – требует тотальной перестройки. Как на месте мирового пепелища мы будем строить новый дом? Ведь, заранее продуманного и согласованного со всеми жильцами плана – нет. Значит, работа будет вестись на ощупь, методом проб и ошибок, инноваций и откатов. Но остановить этот процесс уже невозможно.

Поэтому очень важно задуматься об этом уже сегодня, понимать интересы всех и по возможности иметь собственное целевое видение нового облика нашего многоквартирного дома. Весь предстоящий этап (2025–2061 гг.) завершения имперского цикла – это будет болезненный переход.

### От глобализации – к многоукладной цивилизации

На смену всеобщей глобализации, доминирующей в мире во второй половине прошлого века после поражения СССР в холодной войне и искусственно насаждаемой США как мировым гегемоном чуть ли не во всех сферах жизни, приходит осознание необходимости развития различных цивилизационных систем, в том числе атлантической (США и Евросоюз), восточно-евразийской (Россия, Средняя Азия и Китай) и исламской (Ближний Восток и Северная Африка). У каждой из этих систем свой ресурсный (природный и демографический) потенциал, свой культурно-исторический менталитет (индивидуализма и коллективизма) и своя форма организации обще-

ства (от частного предпринимательства до централизованного государства). Это не значит, что между ними будет выстроена новая «великая китайская» или послевоенная «берлинская стена». Наш планетарный дом – един, но в каждой «квартире» этого дома народы будут обустривать свою жизнь не по общему шаблону, а по своим собственным представлениям.

Это не может пройти бесследно для будущего «партнерства цивилизаций». И уже четко обозначилось стремление ряда стран уйти от долларовой монополизма, оставляющего всему миру финансовую зависимость от страны – валютного эмитента. Разве не об этом свидетельствует официальное заявление Китая о переходе на цифровой юань – разновидность криптовалюты?

Глубина кризиса определяется не только активностью вирусной эпидемии, но и пандемией страха и паники, охвативших мир перед лицом неизвестного врага. Естественная в таких условиях самоизоляция во избежание сверхбыстрого и сверхширокого распространения инфекции ускорила повсеместный переход на удаленные системы работы, что, возможно, станет уже в ближайшем будущем нормой трудовой деятельности, учебы, информационной коммуникабельности людей взамен их обязательному личному общению. Даже если в посткризисных условиях восстановится в прежнем объеме материальное производство, то оно будет в большей сте-

В будущем исчезнет разница между физической, биохимической и интеллектуальной энергетикой  
Источник: Petkov / Depositphotos.com



**Глубина кризиса определяется не только активностью вируса, но и пандемией страха и паники, охвативших мир.**

**Естественная в таких условиях самоизоляция ускорила переход на удаленную работу**

пени сориентировано на самообеспечение всех стран жизненно важными товарами. А транспортные потоки грузов и коммуникации людей неизбежно сократятся.

Это означает если не полную смену парадигмы общественной эволюции, то, по крайней мере, явно выраженный переход от доминанты индустриально-технологического к приоритету социо-гуманитарного развития, который, конечно же, не завершится, но в полной мере проявится к концу текущего имперского цикла на протяжении полутора столетий (с начала XX и до середины XXI века). Это неизбежная стадия трансформации мировой цивилизации, которая представляет собой большую энергетическую (а ныне – энергоинформационную) систему. В этой системе энергетический потенциал (ресурсы, технология, организация) реализуется в процессе жизнедеятельности общества, умножая его достояние. В свою очередь, результат этой деятельности, который Аристотель называл «энтелехией», а ныне это – «капитал», является новым потенциалом общественного развития. Капитал – это не только денежное выражение общественного богатства, но и культура, и человек, и идеология, которые помогают обществу развиваться. Замкнутая триада «потенциал – энергия – капитал» образуют единую многосвязную динамическую систему, развитие которой осуществляется циклами.

Итак, будущая мировая цивилизация и ее основные разновидности столкнутся с тремя наиболее значимыми трансформациями:

1. Глобализация (в ее нынешнем монополярном виде) завершается, уступая место интеграции жизни в многоквартирном доме-экосе с соблюдением собственных интересов и собственных представ-

лений всех «жильцов» в сфере материального, экономического и культурно-ментального развития. На поляне земной ойкумены пусть расцветают все цветы. А мир будет развиваться не по типу автономных государственных образований, а по принципу сетевых структур с узловыми центрами в виде общественных организаций типа обновленного ООН.

II. Мировой рынок (с его нынешними масштабными перетоками физических товаров, финансовых ресурсов и человеческого капитала) уступит место более локальным региональным площадкам. Уйдут в прошлое мировые бизнес-картели и объединения типа ВТО, ОПЕК и т. п., мировые транспортные коммуникации и единая валюта. Взаимодействие между различными субъектами не только хозяйственной, но и интеллектуальной деятельности будет осуществляться с помощью новых отношений типа распределенных и многофакторных блокчейн-технологий.

III. Материальный спрос и экономический рост перестанут играть главную роль в мировом развитии, уступая приоритет решению проблем безопасности (в широком смысле слова – от физической выживаемости до роботозависимости), гармонизации социоприродных отношений и развитию интеллекта как основного потенциала Homo Faber (человека – творца).

Энергетика будущего станет развиваться по типу эргатических (человеко-машинных) энергоинформационных систем. Исчезнет принципиальная разница между физической, биохимической и интеллектуальной энергетикой. Ее основной задачей станет не количество, а качество произведенной работы – для повышения удобства (комфорта) и качества быта, развития эффективного и безотходного природоподобного производства, замены силовых процессов на энергоинформационные сигналы.

В силу определенной специфики личных и общественных интересов попробуем представить хотя бы в главных чертах целевое

## Энергетика будущего станет развиваться по типу эргатических (человеко-машинных) энергоинформационных систем. Исчезнет разница между физической, биохимической и интеллектуальной энергетикой

видение энергетики будущего. Инерционность энергетических трансформаций потребует рассмотрение этого процесса, как минимум, в виде двух этапов: На первом этапе условно до 2035 года будет сохраняться ряд выдержавших испытание временем традиционных структур и технологий; и взгляд к середине XXI века и далее на базе новых энергетических представлений.

Любые предстоящие новации обусловлены как опытом прошлого, так и текущими возможностями, но, главное, они определяются не прогнозом (от настоящего к будущему), а целевым видением этого будущего и «дорожной картой» осмысленного движения к этой цели. Разумеется, по ходу этого движения могут меняться и внешние вызовы и достижимый уровень организационного и технологического развития. Могут меняться и сами целевые установки. Поэтому всегда целесообразно выделять текущие переходные этапы энергетических трансформаций и желаемый образ

Футуристический научно-фантастический город  
Источник: *grandfailure / Depositphotos.com*



энергетики будущего, исходя из общего понимания роли энергетики в судьбе будущих цивилизаций. Поэтому энергетический «форсайт» должен рассматриваться не отдельно от стратегии переходного периода, а совместно.

## Стратегия переходного периода (2025–2036 года)

Энергетика России всегда базировалась на богатом потенциале ее природных ресурсов, новых идеях и организационно-технологических (структурных) схемах реализации имеющихся возможностей. Поэтому ключевой задачей энергетической стратегии предстоящего периода должен стать переход от экспортно-сырьевого к ресурсно-инновационному развитию энергетики и экономики страны. Об этом в общем сказано немало, в том числе и в предварительных редакциях Энергостратегии-2035. С учетом надвигающегося глобального кризиса миросистемы необходимо внести ряд приоритетных представлений.

**А.** В условиях мирового профицита энергоресурсов Россия не должна стремиться к наращиванию экспорта топливно-энергетических ресурсов. Заложено снижение экспорта нефти, сохраняя его в то же время для получения необходимых доходов от энергопоставок в соседние регионы Евразии, в первую очередь, в Китай и Индию. При этом должна быть обеспечена диверсификация экспорта по маршрутам и номенклатуре поставок. Ключевой задачей становится совместная договоренность со странами – импортерами не только в разработке месторождений ТЭР, но и в создании производств по эффективному использованию различных энергоносителей.

В то же время для интеграции совместных энергетических проектов, в частности, на региональных рынках необходима консолидация плановых балансовых, инфраструктурных и инвестиционных решений по формированию объединенных энергетических систем. Возможно, они должны представлять собой «систему сборных шин» типа Азиатского энергетического кольца, где к отдельным узлам могут подключаться различные крупные генерирующие центры и центры энергопотребления. А сами звенья этого кольца могут состоять из энергокоммуникаций различного вида: нефте- и газопроводов, линий электропередачи,

железных дорог с возможной трансформацией различных видов энергоресурсов и энергоносителей. Важную роль при этом будут играть системные преобразователи и накопители энергии. Не исключено и сооружение крупных приливных гидроэлектростанций на Дальнем Востоке для получения, сжижения и экспорта водорода. Нельзя упускать из виду и освоение газогидратов на северо-востоке Арктики, не только для получения топлива, но и для одновременного экспорта воды в дефицитные районы Юго-Восточной Азии.



Солнечная электростанция  
Источник: *Petkov / Depositphotos.com*

**Б.** По всей видимости, в предстоящий период сохранится на прежнем уровне общий объем энергетического спроса и потребления. Нынешнее снижение, обусловленное всеобщей пандемией, в ближайший год-два восстановится. Хотя структура энергетического баланса как в мире, так и в России существенно начнет меняться.

Нефтяной пик спроса придется уже не на конец переходного периода (2035 год), а случится гораздо раньше. В мире он придется на 2025 год, а в России – с запозданием на два-три года. И это будет связано не с дефицитом нефти и ее дороговизной, а, наоборот, со снижением спроса. После нынешней пандемии мир все больше будет переходить «на удаленку», снизятся и не восстановятся на прежнем уровне

транспортные перевозки грузов и людей, а следовательно, снизится и спрос на топливо. К тому же стремление к переходу на электромобили как более экологически чистому, а главное, более престижному виду транспорта, неизбежно. У инвесторов снизится интерес к нефтянке как неустойчивому и не имеющему дальних перспектив бизнесу.

Газ же, напротив, будет пользоваться растущим спросом как основное топливо для электростанций, газомоторное топливо и ресурс для газохимии. По нашим оценкам, к 2035 году нефть в энергобалансе снизится на 15–20 %, а газ – вырастет на 5–7 %.



Энергетика переходного периода неизбежно будет стремиться к цифровизации

Источник: peshkova / Depositphotos.com

Важен не первичный ресурс, а конечный энергоноситель, каким является электроэнергия, которая и в быту и на производстве, на транспорте и в социальной сфере будет пользоваться повышенным спросом. Триумф электроэнергии определяется ее универсальностью, удобством и управляемостью, что очень важно в энергоинформационных системах. У нее появится еще один энергоемкий потребитель – сфера информационной обработки больших данных, а в будущем, возможно, и производство криптовалюты. Поэтому потребление электроэнергии как основного конечного энергоносителя вырастет на 20–25 %, в том числе и за счет

возобновляемых источников энергии, возрождения атомной и гидроэнергетики. Но при этом в связи с сокращением размеров распространения централизованных систем энергоснабжения снизится роль электрических сетей. Им на смену придут управляемые и высоконадежные высоковольтные линии (в том числе 4-х проводные), системные и местные сверхпроводящие индуктивные и другие накопители, преобразователи частоты и напряжения, управляемые токоограничители, нелинейные резисторы и новые активно-адаптивные сети.

Важные изменения произойдут в сфере энергопотребления. Уже сейчас активно развивается новый электрический мир, в котором активный потребитель становится одновременно производителем не только для удовлетворения собственных нужд, но и для выдачи свободной мощности в местную сеть. Это требует создания автономно-региональных систем, в которых несовпадение по времени спроса и генерации будет компенсироваться накопителями – аккумуляторами энергии. С учетом того, что будут активно развиваться маломощные потребители, для их согласованного энергообеспечения выгодно сооружать местные генерирующие установки,

не только ВИЭ, но и установки на местных ресурсах (отходы лесного производства, попутный газ, малые ГЭС и др.), а также электрохимические топливные элементы. Не исключено, что в связи со снижением спроса на моторное топливо нефтяные компании могут предложить для локального энергоснабжения модифицированные дизельные установки в комбинации с ВИЭ.

В. Энергетика переходного периода неизбежно будет стремиться к цифровизации. Однако надо понимать, что цифровизация важна не как инструментальное насыщение энергетических объектов компьютерными мощностями. Расширяя техническую помощь оператору – диспетчеру энергетических систем, цифровая техника, не обладающая интеллектуальными возможностями человека, зачастую приводит к дополнительным сбоям автоматической диагностики и управления сложными объектами, что уже приводило к развитию дополнительных системных аварий.

Сам по себе термин «цифровизация» искажает суть предстоящих изменений в энергетике и других сферах жизни общества. Важен не инструмент для повышения скорости обработки больших данных, важна новая идеология управления, основанная на адаптации и самонастройке для обеспечения живучести и эффективности работы энергоинформационной системы в целом. Поэтому целесообразно было бы вернуться к более адекватному понятию «кибернетика» как системе управления в технических и живых системах, у которых много общих алгоритмов.

Но все энергетические инновации переходного периода важны не сами по себе, а как необходимая предварительная стадия новой энергетической цивилизации.

**Изменения произойдут в энергопотреблении. Активный потребитель становится одновременно производителем энергии не только для собственных нужд, но и для выдачи свободной мощности в сеть**

**Энергетика станет не просто системой энергоснабжения потребителей необходимыми услугами для жизнеобеспечения. Она трансформируется в интегрированную энергоинформационную систему**

### Новая энергетическая цивилизация

Процесс формирования новой энергетической цивилизации достаточно сложный, длительный и неоднозначный. Он охватит весь переходный период, в течение которого будут зарождаться и проявляться новые черты многоликой энергетической цивилизации. Но даже к середине XXI века она еще не получит своего законченного вида, хотя ее облик станет явным и определенным.

К этому времени энергетика станет не просто системой энергоснабжения потребителей необходимыми услугами для жизнеобеспечения. Она трансформируется в интегрированную энергоинформационную систему жизнедеятельности общества, которая является синонимом энергетической цивилизации. Целевой функцией энергетической цивилизации как цивилизационной системы станет обеспечение социально справедливого системного развития общества.

Ее облик многогранен как сама жизнь. Попытаемся представить этот облик в трех измерениях:

- роль энергетической базы триады «природа – общество – человек»;
- внутренняя структура энергетической многоукладной системы (от космоса до биоорганики);
- Homo faber и новая энергетика.

Система «природа – общество – человек» – это наш планетарный дом – «экос». В этом общем доме экономика становится системой хозяйствования, эго (эко) – системой индивидуального поведения человека в обществе, а экология – системой гармонии и достижения энергетического баланса в доме. Энергетика охватывает все стороны жизнедеятельности в доме. Подобно тому, как план ГОЭЛРО рассматривал электрификацию в СССР как основу всего народного

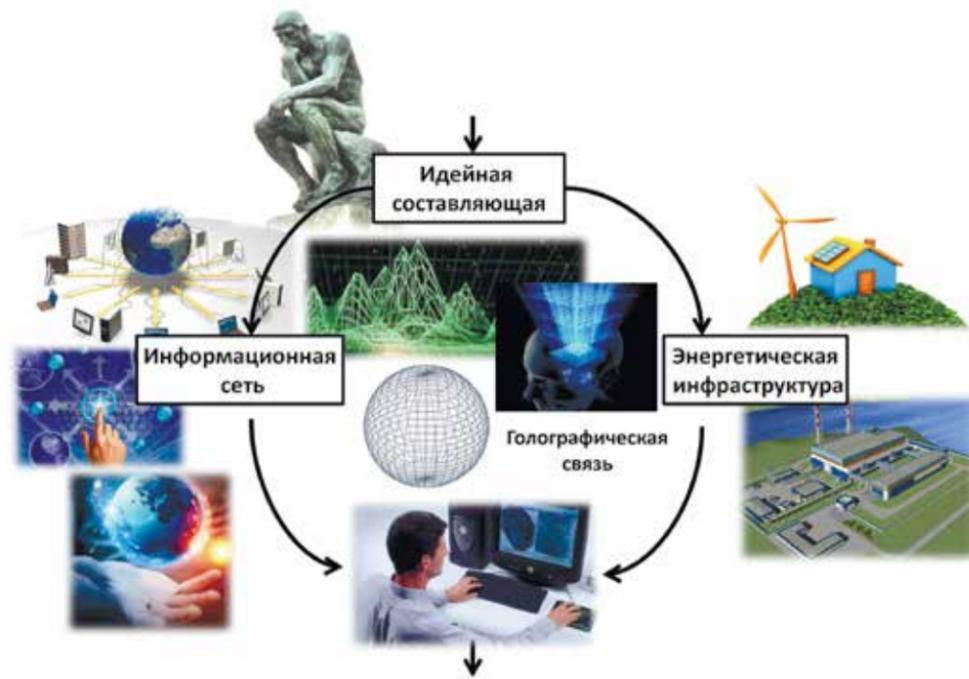


Рис. 2. Место человека в интеллектуальном энергоинформационном мире

хозяйства и нового быта, на предстоящем этапе развития цивилизации необходимо, прежде всего, столь же масштабно оценить новую роль социально ориентированной энергетики.

Во-первых, как вода и воздух, территория и недра, культура и менталитет принадлежат всему народу, так и энергетика является, прежде всего, не производственной структурой, а системой социального партнерства личности и государства, общества и бизнеса. Поэтому основные энергетические (в первую очередь, в сфере электроэнергетики) услуги жизнеобеспечения населения страны должны стать бесплатными и безвозмездными, как и медицина, образование, услуги по обеспечению правопорядка и безопасности. Платными могут быть только дополнительные услуги по расширению ассортимента и качества, надежности и экологической эффективности энергоснабжения.

Во-вторых, энергетика и информационные технологии в своем единстве должны обеспечить развитие комплексной инфраструктуры городов и поселков, промышленности и рекреационных зон, транспорта и сельского хозяйства. На повестке дня – не только «умные» дома и «умные» производства, но и «умная» среда обитания. Она представляет собой не только окружение человека, наполненное им же созданными интеллекту-

альными «игрушками» типа систем контроля экологической обстановки, транспортной инфраструктуры и роботов. Главная отличительная черта «умной среды» – это создание интеллектуальной (самонастраиваемой и саморазвивающейся) кибернетической системы «природа – общество – человек», обеспечивающей не охрану природы от угрозы техногенного и антропогенного характера, а гармонию в общем чистом и светлом, добротном и уютном доме – «экоесе».

В-третьих, новая энергетика станет предметом энергокосмического мировоззрения и ноосферного миропонимания. Космос и человек – едины в своей энергетической сущности. При этом для осуществления новой коммуникационной потребности людей помимо обычных трансинформационных сетей предстоит освоить новые способы передачи не только звуковых и видеосигналов, но и энергоинформационные методы телепатии и телекинеза, голографии и голодинамики. По-новому предстоит осознать пророческие слова Константина Циолковского: в будущем человечество превратится в лучистую энергию и отправится осваивать новые космические миры.

Внутренняя структура самой энергетики в посткризисный период также будет трансформироваться в сторону большей эффективности, безопасности и живучести.

Она станет максимально дифференцированной для того, чтобы адекватно реагировать на внешние вызовы и угрозы. Нет и не может быть альтернативной энергетики, предполагающей противопоставление различных видов энергии и различных энергетических структур. Энергетика будет системой широкого профиля, а ее конкретные виды и доля различных энергетических установок производства (генерации) и потребления (нагрузки) будут сбалансированы как для различных регионов, так и для различных сфер энергетической деятельности.

Природный ресурсный потенциал останется для России важнейшей базой ее энергетического развития. Природные углеводороды в силу высокой концентрации в них энергетического потенциала останутся не только востребованы в будущем, но и станут основой нового эффективного недропользования. Правда, будет необходима не раздельная добыча нефти и газа, угля и других материалов, в том числе гелия, редкоземельных и радиоактивных включений, а сбалансированное освоение комплексных месторождений углеводородов и сопутствующих ресурсов. В природе много залежей различного вида полимеризованных углеводородов, например, запасов «матричной нефти». И нет необходимости сепарировать из этих запасов традиционные виды энергоносителей, а затем искусственным путем с помощью нефтехимических и других установок превращать их в конечные полимеры, а надо в максимальной степени использовать уже подготовленные природой материалы для их комплексного применения. Для этого необходимо по-новому представить законы природного формирования углеводородов за счет различных физико-химических

Новая энергетика станет предметом энергокосмического мировоззрения  
Источник: peshkova / Depositphotos.com



и биологических процессов, протекавших не только в далеком прошлом, но и в наше время. Особое место в энергетике будущего займут природоподобные технологии для производства новых энергосодержащих материалов и для безотходного процесса утилизации и рециклинга.

Более широко надо будет использовать взаимозаменяемость различных энергоресурсов и энергоносителей для получения конечного потребительского результата в разнообразных сферах их использования.

## Энергетика и информтехнологии обеспечат развитие комплексной инфраструктуры городов, промышленности и рекреаций. На повестке дня – не только «умные» дома, но и «умная» среда обитания

Например, каменный уголь – это не только база для энергетики и металлургии, но и отличное сырье для получения алюмосиликатов с высокими теплоизоляционными свойствами для футировки доменных печей и защиты космических кораблей. И таких примеров – много.

Во-вторых, сегодняшние споры об альтернативных вариантах преимущественного развития энергетики в будущем, на мой взгляд, являются беспочвенными и беспредметными. Даже если предположить, что мировое будущее – за ВИЭ, то для России с ее богатыми запасами углеводородного сырья – это не эффективно. Достаточно сказать, что для производства солнечных панелей из тугоплавких редкоземельных материалов, для получения стеклопластиковых лопастей для ветряков необходимо массовое производство этих материалов, что потребует дополнительных затрат электрической энергии, сопоставимых с объемом ее выработки на самих ВИЭ. В то же время эти установки крайне необходимы во многих районах с экологически напряженной обстановкой, в малообжитых районах с малой плотностью нагрузки, в частности, в Арктике.

Для многих сфер энергопотребления, в крупных центрах горнорудной промыш-

ленности, в электрометаллургии, в нефтехимии необходимы большие энергетические мощности, которые можно создать за счет крупных ГРЭС, ГЭС и АЭС. Особое значение эти энергетические «гиганты» имеют для региона Дальнего Востока, где они станут не только центрами электрической генерации, но и основой территориально-производственных комплексов, подобных тем, что выросли за годы советской власти в Поволжье и в Восточной Сибири после сооружения здесь крупных ГЭС.

Новым и в то же время хорошо забытым старым явится развитие так называемой «экстремальной» энергетики с высокой плотностью и организованностью энергетических потоков. Это и лазерные, и плазменные, и взрывные установки, а также и водородная и космическая энергетика. Для России возможна реанимация атомной энергетики в зонах высокой промышленной нагрузки и на малонаселенной территории.

В новой структуре «зеленой» энергетики будущего найдут более широкое применение различные биотехнологии, в частности, для борьбы с разливами нефти и отходами угольного производства, для получения светодиодов и биохимических источников, для медицины и сельского хозяйства.

В-третьих, по-новому будет формироваться энергетическая инфраструктура. Ее главной задачей станет не передача энергии по различным транспортным магистралям из одного конца страны в другой и на экспорт, а развитие сетевых структур повышенной надежности и живучести энергетических систем малого и большого размера. Главное, что эта инфраструктура будет состоять из коммуникаций с различного вида энергоносителями. Возможно создание общих газотранспортных трубопроводов, беспроводная передача энергии волновым пучком, мобильные транспортные аккумуляторы

## **Новым станет развитие «экстремальной» энергетики с высокой плотностью и организованностью энергопотоков. Это лазерные, плазменные, взрывные установки, водородная и космическая энергетика**

энергии, в т. ч. в виде газогидратных рефрижераторов, водородных накопителей с жидким и твердым носителем.

Коренное значение для энергетики будущего имеет создание эргатических (человекомашинных) энергоинформационных систем. Не раскрывая эту неисчерпаемую по содержанию тему подробнее, выделим лишь три ключевых момента.

Во-первых, эти информационные системы позволят выйти на новый уровень развития цивилизации, где основным потенциалом станут не природные ресурсы и технологии, а интеллект человека и разнообразные технические возможности робота. Не «кто кого», а именно сочетание когнитивных возможностей человека и технологий высокоскоростной обработки больших данных позволит создавать кибернетические системы диагностики, оценивания ситуации, нейронного прогнозирования и мультиагентного (распределенного и иерархического) управления в энергетике. В таких системах станет возможным учесть такие факторы, как психология поведения трейдера на рынке, интуиция диспетчера в предаварийных ситуациях, диагностика социальных предпочтений, общественное мнение о проблемах экологии и социальной справедливости, в том чис-

ле в сфере энергетики, умение вычлнить в больших массивах данных ключевые закономерности развития ситуации и получать обобщенные прогнозы на будущее.

Во-вторых, энергоинформационные системы позволят по-новому выстраивать структуру и отношения между энергетическими акторами (активно действующими субъектами), стирая грань между производителями, потребителями и организаторами энергетических процессов. Несмотря на наличие в энергетической структуре больших и малых систем и объектов, на схемы централизованного или автономного энергоснабжения, общая организационная и технологическая схема функционирования и развития энергетики все больше будет развиваться в направлении формирования сетевой структуры с равными правами и равными возможностями, с иерархией ответственности всех и каждого за эффективное (с точки зрения текущей безопасности и перспективной живучести) функционирование и развитие энергетики как

## **Этот глобальный кризис будет сопровождаться неизбежной качественной перестройкой энергетики, которая трансформируется в социально ориентированную энергоинформационную систему**

социально ориентированной системы. Ветви такой сети станут отражением равноправных отношений, а узлы – как человеческие чакры – станут центрами принятия решений.

В-третьих, физическая и биохимическая энергия, энергия действий и помыслов, социальная и когнитивная энергия в энергоинформационных системах не будут противопоставляться друг другу, а станут различными видами общей энергии, трансформирующимися друг в друга в зависимости от их целевого предназначения. Это особенно важно для поддержания на должном уровне энергетической и иммунной системы человека и социума. Нынешняя вирусологическая пандемия показала, что – как индивидуальное здоровье человека, так и здоровье нации – определяется именно энергетическим балансом, обеспечивающим устойчивость живой системы. Вирусы – это

зло для системы, потерявшей свою пассивность, но в то же время они могут стать средством для геной инженерии с целью создания нового живого организма, обладающего за счет повышенной энергонасыщенности более высоким уровнем стойкости, адаптивности и живучести системы в переменных внешних условиях. Этот энергетический подход в равной степени позволяет повысить энергетическую эффективность и биологических объектов, и технических, и социальных систем.

Особое значение для будущего будут иметь природоподобные биоэнергетические и энергоинформационные технологии, создаваемые для интеграции когнитивных возможностей человека и принципов биологического разнообразия вирусов как чистильщиков старого мира. В частности, эта интеграция является ключевой для создания в будущем биокомпьютеров с совместными алгоритмами противостояния и взаимопомощи в развитии живых систем.

Главная задача развития энергоинформационных взаимоотношений человека и технических средств заключается в том, чтобы освободить Homo sapiens от рутинной физической и даже умственной работы и дать ему возможность полнее реализовать общий эволюционный принцип разделения труда: «слесарю – слесарево, а кесарю – кесарево», труд – машинам и роботам, а творчество – человеку (Homo faber).

Резюмируя, следует сказать, что грядущая мутация всего мироустройства и развития России как важнейшего субъекта Евразии неизбежна в силу исторической предопределенности циклического развития цивилизации.

Этот глобальный кризис будет сопровождаться неизбежной качественной перестройкой энергетики, которая трансформируется из отраслевой структуры в социально ориентированную энергоинформационную систему обеспечения жизнедеятельности нового общества.

Необходима широкая экспертная и общественная дискуссия о роли энергетики как интегрирующего фактора в системе Евразийской цивилизации.

Целевое видение новой энергетики требует комплексной научной проработки будущего с последующим формированием новой Энергетической стратегии России на период до 2061 года и «дорожной карты» перехода к новой энергетической цивилизации – на период завершения исторического имперского цикла развития России.

Дома в пригороде Чикаго

Источник: jovannig / Depositphotos.com





АЭС «Куданкулам»

Источник: «Росатом»

УДК 621.039

# Перспективы экспорта российского атома

## Prospects for export of the russian nuclear industry

Дмитрий Сергеевич ПАНТЕЛЕЙ  
2-й секретарь посольства России  
в Белоруссии, к. э. н.  
e-mail: Panteley@bk.ru

Dmitriy PANTELEY  
Second Secretary of the Russian  
Embassy in Belarus  
e-mail: Panteley@bk.ru

АЭС «Бушер»

Источник: «Росатом»



Аннотация. Выделены экспортные направления российской атомной промышленности по странам мира. Представлены тенденции роста портфеля зарубежных заказов ГК «Росатом», раскрыта роль контрактов на сооружение АЭС как драйвера получения зарубежных заказов. Систематизированы основные факторы развития экспортного направления российской атомной промышленности и конкурентные преимущества госкорпорации «Росатом». Обоснована перспективность экспортных предложений «Росатома» в сфере медицинских технологий, изотопной экономики и ядерно-водородной энергетики.

*Ключевые слова:* атомная промышленность, атомная энергетика, атомная отрасль, «Росатом», мировая экономика.

Abstract. The export directions of the Russian nuclear industry in the countries of the world are highlighted. The growth trends in the volume of the portfolio of foreign orders of Rosatom State Corporation are presented, the role of contracts for the construction of nuclear power plants as a driver for increasing the portfolio of foreign orders is disclosed. The main factors of the development of the export direction of the Russian nuclear industry and the competitive advantages of Rosatom are systematized. The prospects of Rosatom's export offers in the field of medical technologies, isotope economics and nuclear-hydrogen energy are substantiated.

*Keywords:* nuclear industry, nuclear energy, Rosatom, world economy.



### Россия является единственной страной в мире, работающей во всех научно- производственных направлениях атомной энергетики

Мировая атомная энергетика за более чем 70 лет своего развития прошла путь от экспериментального способа генерации электроэнергии до значимой отрасли мирового рынка энергоресурсов. Несмотря на неравномерные темпы развития мировой атомной промышленности и частичное сокращение ядерных программ из-за аварий на Чернобыльской АЭС и Фукусиме, атомная энергетика может показать устойчивый рост. Это станет возможным за счет

постоянного технологического совершенствования работы АЭС и устойчивому росту энергопотребления.

Конкурентоспособность государства на мировой атомной арене является существенным фактором обеспечения энергетической безопасности и геополитического лидерства, поэтому развитие отечественной атомной промышленности и усиление ее экспортного потенциала является одним из стратегических приоритетов для России и госкорпорации «Росатом».

Россия является единственной страной в мире, работающей во всех научно-производственных направлениях атомной энергетики. При этом «Росатом» глобально присутствует как в странах западного, так и восточного полушарий (см. табл. 1).

Экспортные контракты «Росатома» имеют большое значение для российской экономики. Прежде всего, они приносят экспортную выручку, формируя положительный платежный баланс внешних операций. Также важным фактором влияния экспорта атомных технологий на развитие национальной экономики является уровень локализации производства, который редко превышает 35–40%. В итоге, почти три четверти работ выполняется в России, на российских предприятиях.

С 2010 года наблюдается значительное усиление позиций отечественной атомной

Направление деятельности	Страны Западного полушария	Страны Восточного полушария
Геологоразведка и добыча урана	Аргентина, США	Казахстан, Танзания
Поставка обогащенного уранового продукта	Мексика, США	Бельгия, Великобритания, Германия, Испания, Китай, ОАЭ, Финляндия, Франция, Швейцария, Швеция, ЮАР, Южная Корея, Япония
Поставка ядерного топлива		Армения, Болгария, Великобритания, Венгрия, Вьетнам, Германия, Египет, Индия, Иран, Казахстан, Китай, Нидерланды, Польша, Словакия, Узбекистан, Финляндия, Франция, Чехия, Швейцария, Швеция, Южная Корея
Продукты и услуги на основе радиационных технологий	Аргентина, Бразилия, Канада, США	Австралия, Армения, Великобритания, Венгрия, Вьетнам, Германия, Египет, Индонезия, Иран, Испания, Китай, Малайзия, Саудовская Аравия, Чехия
Сооружение АЭС		Армения, Бангладеш, Белоруссия, Венгрия, Египет, Индия, Иран, Китай, Нигерия, Турция, Финляндия
Сооружение исследовательских реакторов и атомных станций малой мощности	Боливия	Вьетнам, Замбия, Нигерия
Сервисное обслуживание и модернизация атомных станций		Армения, Болгария, Венгрия, Египет, Иран, Китай, Словакия, Чехия
Бек-энд		Болгария, Германия, Египет, Ирак, Казахстан, Литва, Турция, Чехия, Швейцария, Япония

Таблица 1. Детализация реализации проектов госкорпорации «Росатом» на глобальном рынке

Источник: [6]

отрасли на международном рынке. Об этом свидетельствует более чем трехкратный рост объема портфеля зарубежных заказов «Росатома» на десятилетний период (см. рис. 1). Более 70 % объема долгосрочных зарубежных заказов «Росатома» занимают контракты на сооружение АЭС. Портфель таких проектов возрос с 19 энергоблоков в 2013–2014 годах до 36 энергоблоков на начало 2020 года [5].

На протяжении последних нескольких лет наблюдалось замедление динамики контрактации за рубежом новых блоков АЭС. В денежном эквиваленте портфель зарубежных заказов 2017–2018 годов сопоставим с уровнем 2016 года. При этом, позитивную динамику демонстрирует зарубежная выручка «Росатома», которая еще несколько лет назад была порядка 5 млрд долларов в год, в 2018 году составила 6,3 млрд в 2019 году ожидается на уровне 7,3 млрд долларов, в 2020 году планируется выход на 8 млрд [4].

Несмотря на рост зарубежной выручки, дальнейшее развитие корпорации требует подписания новых контрактов на сооружение АЭС. Первый заместитель генерального директора – директор блока по развитию

и международному бизнесу К.Б. Комаров отмечал, что «без подписания контракта на сооружение АЭС набрать контрактов на 8 млрд долларов – очень непростая задача» [4]. Диверсификация зарубежных контрактов за счет топлива, обогащенного урана, сервиса, поставки изотопов и т. д., хотя и имеет высокую маржу, однако не дает таких объемов выручки, как строительство атомных станций. Поэтому в ближайшие годы скачкообразный рост портфеля зарубежных заказов «Росатома» не ожидается.

Следует отметить, что 2019 год был довольно плодотворным для развития

**Более 70 % долгосрочных зарубежных заказов «Росатома» занимают контракты на сооружение АЭС. Портфель таких проектов возрос с 19 энергоблоков в 2013–2014 годах до 36 на начало 2020 года**

**Плюсами российской атомной промышленности являются низкая стоимость строительства и эксплуатации АЭС, лояльное госрегулирование, высокая производительность и «дешевый» рубль**

экспортного направления российской атомной промышленности. В частности, «Росатомом» были закреплены договоренности с Китаем по АЭС «Тяньвань» и АЭС «Сюйдапу» (подписаны генеральные контракты и топливные контракты по обеим станциям), начато строительство второго блока на АЭС «Бушер» в Иране (его ввод запланирован через 6 лет). Рост портфеля зарубежных контрактов «Росатома» примерно на 10 млрд долларов может обеспечить подписание контракта на строительство АЭС в Узбекистане, переговоры с которым ведутся с 2017 года и находятся в заключительной стадии [4].

Весной 2020 года планируется начало строительства II блока АЭС «Аккую» (Тур-

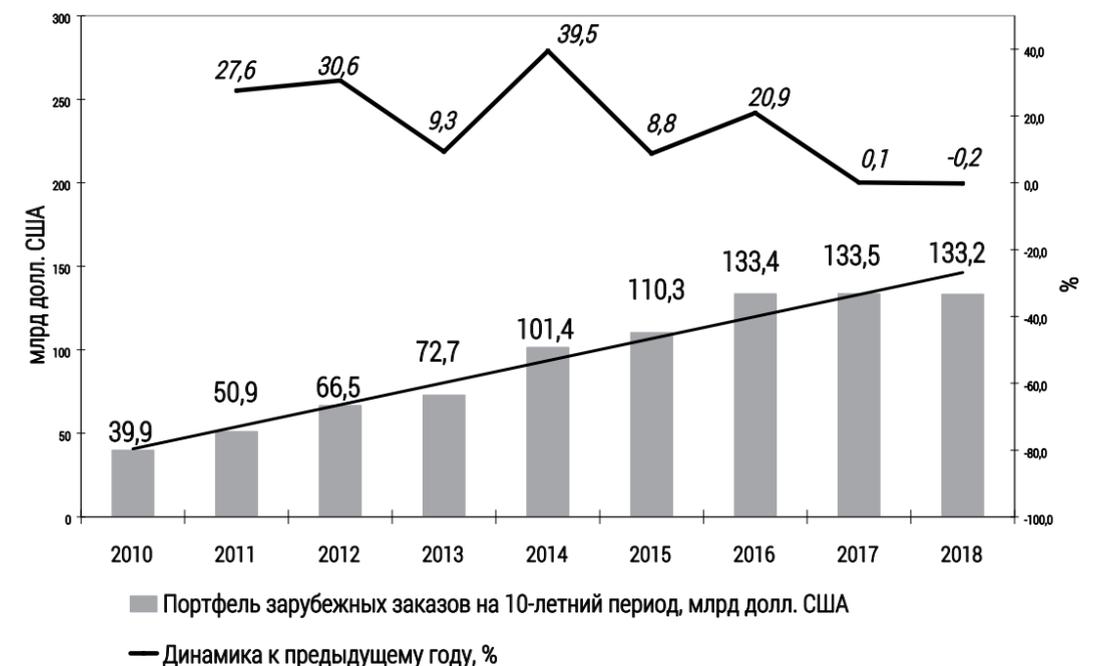
ция) и получение строительной лицензии на III блок станции от турецкого регулятора. В планах «Росатома» на 2020 год также пуск реактора на Белорусской АЭС, начало строительства I блока египетской АЭС «Эль-Дабаа», III энергоблока китайской АЭС «Сюйдапу».

На рубеже 2020–2021 годов ожидаются итоги тендера по АЭС в Саудовской Аравии, где «Росатом» прошел предквалификационный отбор. В этот же период может начаться строительство АЭС «Белене» в Болгарии, где «Росатом» вошел в шорт-лист по выбору стратегического инвестора (среди конкурентов – китайская CNNC, корейская KHNP, французский Framatome и американская General Electric). Кроме того, в 2020 году ожидается тендер на новые реакторы на АЭС «Дукованы» в Чехии (в 2022 году планируется выбор подрядчика нового блока, а плановый срок окончания строительства – 2036 год) [4].

Таким образом, несмотря на снижение темпов прироста портфеля зарубежных контрактов в последние несколько лет, на ближайшее десятилетие российская атомная энергетика обеспечена иностранными заказами. Даже после введения экономических санкций против России в 2014–2017 годах и их дальнейшего продления, продукция отечественной атомной

Рис. 1. Динамика объема портфеля зарубежных заказов госкорпорации «Росатом»

Источник: составлено автором по материалам [2]



энергетики имеет стабильные рынки сбыта за счет технологических преимуществ, стоимости реакторов и предложения широкого спектра сопутствующих услуг. В дополнение к строящимся объектам, «Росатомом» проводится обслуживание построенных электростанций, что также приносит экспортную выручку корпорации. Кроме того, с 2015 года госкорпорация работает в сегменте зарубежной контракции по реакторам малой и средней мощности.

Развитие экспортного направления российской атомной энергетики обусловлено рядом конкурентных преимуществ (табл. 2).

Тенденции мирового рынка атомной энергетики свидетельствуют о снижении роли политических мотивов как фактора заключения контрактов на строительство АЭС, росте значения экономических показателей проектов и наличия удобных схем финансирования. Российская атомная энергетика предлагает на мировом рынке конкурентоспособный продукт, что находит подтверждение в заключенных договорах.

### **Преимуществом является предложение различных инструментов финансирования проектов – от содействия в получении межгосударственного кредита на сооружение АЭС до участия в капитале оператора**

Важными факторами развития экспортного направления российской атомной промышленности являются низкая стоимость строительства и эксплуатации АЭС, лояльное госрегулирование, высокая производительность, вертикальная интеграция отрасли и «дешевый» рубль.

В частности, по расчетам аналитиков рейтингового агентства S&P, возведение энергоблока в России составляет около \$ 2 тыс. за киловатт мощности, в то время как в Европе этот показатель оценивается международными экспертами в \$ 5,5 тыс., в США – около \$ 5 тыс. [7].

Причиной такого разрыва является то, что практически все капитальные расходы на строительство российских



АЭС «Пакш»  
Источник: «Росатом»

АЭС номинированы в рублях. Поскольку международные контракты «Росатома» заключены в иностранной валюте, резкая девальвация рубля (более чем вдвое в течение последних семи лет) способствовала повышению конкурентоспособности российской атомной промышленности на мировом рынке.

Зарубежным конкурентам требуется все больший объем инвестиций, поскольку из-за долгого и сложного согласования растет стоимость денег, замороженных в проекте. Такие крупные компании, как Westinghouse и Areva, недавно столкнулись с проблемами, вызванными внеплановым перерасходом средств и задержками в процессе строительства. Российские предложения в сфере атомной энергетики не предполагают предоставления демпинговых цен, однако «Росатомом» разработана гибкая система скидок. Также цена может быть уменьшена из-за масштабов сделки (например, при заказе комплексных инфраструктурных проектов). Дополнительно к этому, «Росатом» осуществляет «контроль стоимости каждой стадии производства и цены кВт/час электроэнергии, произведенной на АЭС, построенных корпорацией» [3]. Конкурентным преимуществом является также предложение различных инструментов финансирования проектов – от возможности содействия в предоставлении межгосударственного кредита на сооружение АЭС до инвестиционного участия в уставном

капитале компаний, ответственных за сооружение и будущую эксплуатацию АЭС.

На ценообразование влияет и вертикальная интеграция: российские компании принимают участие во всех этапах ядерной энергетики – от добычи урана до строительства и эксплуатации энергоблоков [1]. «Росатом» является единственным в мире холдингом, деятельность которого представлена во всех сегментах цепочки стоимости, что формирует уникальный набор компетенций и дает возможность предлагать решения «под ключ» [3].

Технологические преимущества госкорпорации проявляются в возможности предложения экспортными подразделениями как успешных проверенных технологических решений, таких как реактор ВВЭР и его модификации, так и новейших технологий, таких как реакторы на быстрых нейтронах. Причем, все технологии прошли проверку на соответствие актуальным требованиям безопасности и надежности.

Для повышения конкурентоспособности России на мировых рынках ядерного топлива и атомного энергетического оборудования важным является разработка новых видов переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Данное направление будет все более востребовано с ростом атомной энергетики на развивающихся рынках, с приходом планового времени за-

крытия АЭС. Это понимают и в «Росатоме», заявляя, что «переработка ОЯТ совместно с поставкой свежего топлива из продуктов переработки – урана, плутония – может стать серьезным конкурентным преимуществом по продвижению энергоблоков российского дизайна за рубежом. И как уже было сказано, переработка дефектного топлива для иностранных заказчиков – это тоже интересное для обеих сторон направление сотрудничества» [8].

### **Повышение конкурентоспособности России на мировых рынках ядерного топлива и атомного энергетического оборудования требует разработки новых видов переработки отработавшего ядерного топлива**

Предприятия «Росатома» производят большое количество разнообразной продукции и обладают патентами на различные технологии, которые имеют значение не только для атомной энергетики,

Таблица 2. Конкурентные преимущества госкорпорации «Росатом» на мировом рынке

Источник: [6]

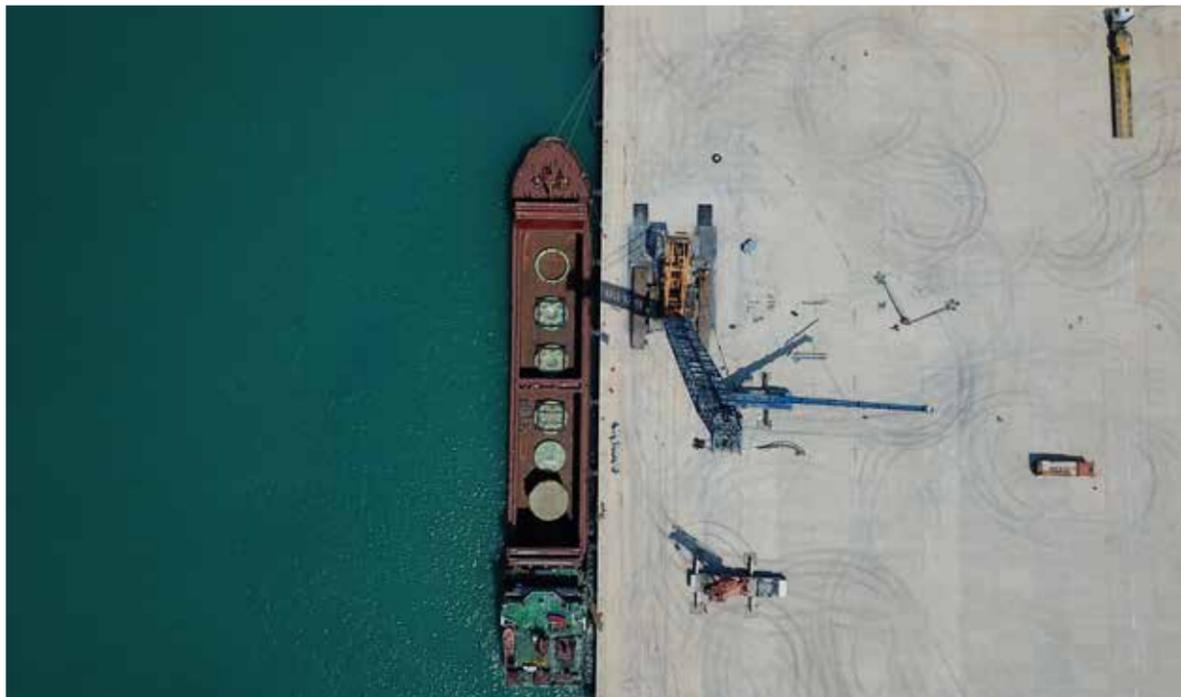
Фактор преимуществ	Краткая характеристика
Технологии	Современные технологии, инновационные разработки
Ценовые параметры	Гибкая система скидок, возможность уменьшения цены за счет масштабов сделки
Условия финансирования	Возможность кредитования и другие формы финансового обеспечения проектов
Комплексный подход	Наличие «пакетного» предложения, которым предусмотрено предоставление заказчиком широкого интегрированного комплекса услуг по обслуживанию атомных станций на всех этапах строительства и эксплуатации
Возможность утилизации отработавшего ядерного топлива	«Росатом» обладает технологией переработки отработавшего ядерного топлива
Стратегическое межгосударственное партнерство	Возможность включения сделки по атомной энергетике в общий комплекс межгосударственных взаимоотношений
Накопленный опыт	История экономических взаимоотношений
Кадровое обеспечение	Возможность подготовки кадров для построенных АЭС и инфраструктурных объектов
Возможность локализации	Предложение о локализации значительных объемов промышленного производства в стране-партнере, что дает возможность развития ее экономики и инфраструктуры

но и в сфере агропромышленности, ядерной медицины, атомного судостроения. Особенно перспективным представляется предложение «Росатома» по медицинским технологиям, которое будет гарантированно востребовано на основных рынках присутствия госкорпорации, а также развитие изотопной экономики и ядерно-водородной энергетики.

Использование радиоизотопов в широких масштабах позволит значительно увеличить эффективность всей ядерной энергетики. В настоящее время атомная энергетика производит только электроэнергию, что не является товаром, который можно накапливать на складах и поставлять потребителям. Однако при соответствующей организации замкнутого ядерного топливного цикла будет происходить накопление (или складирование) изотопов плутония и урана-233, а также выделение из отработанного ядерного топлива ценных стабильных и радиоактивных изотопов, что ставит ядерную технологию в новые условия товарного производства и соответствующих возможностей рынка. Именно в направлении производства изотопов и получения электроэнергии в качестве дополнительного продукта должна развиваться ядерная энергетика.

Доставка устройства локализации расплава (ловушки расплава) для 1-го энергоблока АЭС «Аккую»

Источник: «Росатом»



## Ядерная энергетика может быть задействована в производстве «низкоуглеродистого водорода». «Росатом» при этом может претендовать до 2030 года на весомую долю глобального рынка водорода

Значительный рост спроса на «низкоуглеродистый водород», наблюдающийся в настоящее время в развитых странах, дает возможность перспективного развития ядерной энергетики. Недостатком существующего производства водорода путем паровой конверсии метана является расход газа (около половины от исходного газа), а также значительные выбросы парникового метана в атмосферу. Эти факторы стимулируют развитие ядерной энергетики для производства водорода, что может сделать ее более привлекательной для бизнеса с точки зрения рентабельности инвестиций, т. е. производство водорода стимулирует



Атомный реактор

Источник: sonar2050.org

развитие ядерной отрасли. Таким образом, формируется своеобразный экономический симбиоз, который в результате может привести к созданию интегрированной ядерно-водородной системы и соответствующей инфраструктуры.

Россия, как один из основателей «ядерной эры», обладает значительным потенциалом производства водорода. По оценкам экспертов, только на действующих российских генерирующих объектах «Росатом» может претендовать в перспективе до 2030 года на весомую долю глобального рынка водородного топлива.

Таким образом, российская атомная энергетика добилась устойчивых конкурентных позиций на мировом рынке за счет

использования существующих технологий и нового подхода, основанного на внедрении инноваций и развитии новых внешнеэкономических связей. Высокий уровень конкурентоспособности и широкие возможности российской атомной энергетики предопределили интерес зарубежных партнеров «Росатома» к комплексным предложениям компании. Результатом этого стал рост экспортного портфеля корпорации по итогам 2018 года до 133,2 млрд долл. США. В среднесрочной перспективе атомная энергетика может стать одним из ведущих драйверов экономического роста, обеспечивая выполнение ключевых задач по импортозамещению, энергетической безопасности и росту несырьевого экспорта.

## Использованные источники

1. Алданов А. Атомные перспективы. Стратегия // Коммерсантъ. «Энергетика». Приложение № 235 от 20.12.2019. С. 24 – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4196995>
2. Годовые отчеты госкорпорации «Росатом». – URL: <http://www.rosatom.ru/about/publicnaya-otchetnost/>
3. Государственная корпорация атомной энергетики «Росатом». Итоги деятельности за 2018 год. – URL: <https://www.rosatom.ru/upload/iblock/fa7/fa759a96c90510116b0b0632519522cb.pdf>
4. Материалы Интерфакс. «Росатом» размыкает ядерный цикл. 09.01.2020. – URL: <https://www.interfax.ru/business/690548>
5. Международное сотрудничество. Материалы госкорпорации «Росатом». URL: <https://www.rosatom.ru/about/international/>
6. Пантелей Д.С. Перспективы обеспечения конкурентоспособности госкорпорации «Росатом» с учетом трансформаций в мировой экономике // Вестник Евразийской науки. 2019. № 2. – URL: <https://esj.today/PDF/99ECVN219.pdf>
7. Полканов В. «Росатом» выигрывает мировую конкуренцию. 15.07.2019. – URL: [http://www.ng.ru/economics/2019-07-15/4\\_7623\\_1507191447.html](http://www.ng.ru/economics/2019-07-15/4_7623_1507191447.html)
8. Страна «Росатом». Нарбатывая конкурентные преимущества. Интервью с Д. Колупаевым. 13.03.2017. URL: – <https://www.strana-rosatom.ru/narbatывая-конкурентные-преимущества>

# Прогнозирование спроса на электрическую энергию изолированной энергетической системой города

## Forecasting demand for electric energy of the isolated energy system of the city

УДК 621.3

Сергей Вадимович ГУЖОВ  
Директор центра подготовки и проф.  
переподготовки «Энергоменеджмент  
и энергосберегающие технологии»  
ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», к. т. н.  
e-mail: GuzhovSV@yandex.ru

S.V. GUZHOV  
Director of the training center «Energy Management  
and energy-saving technologies», MPEI, CES  
e-mail: GuzhovSV@yandex.ru

Серверное помещение

Источник: scanrail / Depositphotos.com



Аннотация. Прогнозирование спроса на энергоресурсы при расчете технико-экономической целесообразности внедрения энергосберегающих мероприятий требует использования математического моделирования исследуемого объекта. Для достижения точности моделирования энергетической системы необходимо определить требования к типам информации, её точности и периодичности сбора. Современные подходы не предлагают системного подхода определения прогнозного спроса на энергоресурсы. Авторами предлагаются как детерминированные, так и стохастические способы. Набор учитываемых факторов и степень их детализации также различен. В настоящей работе сделана попытка формулирования необходимого и достаточного набора исходных для прогноза данных. Приведён пример формулирования прогноза спроса на электрическую энергию изолированной энергетической системой города посредством многофакторного регрессионного и нейросетевого анализа.

*Ключевые слова:* сопоставимые условия, многофакторная регрессия, прогнозирование, спрос на электрическую энергию, искусственная нейронная сеть, погрешность, информационная обеспеченность.

Abstract. The task of forecasting energy demand with energy jets and complexes in determining the technical and economic feasibility of implementing energy-saving measures includes the need to use mathematical modeling of the studied object. Information security issues should be coordinated with information collection and storage systems. To achieve the necessary accuracy of modeling the energy system, it is necessary to determine the requirements for the types of information taken into account, its accuracy and frequency of collection. Modern approaches do not offer a systematic approach to determining the forecast demand for energy resources. The authors propose both deterministic and stochastic methods. The set of factors taken into account and the degree of detail are also different. In the present work, an attempt is made to formulate the necessary and sufficient set of initial data for forecasting data. An example of formulating a forecast of demand for electric energy by an isolated energy system of a city through multivariate regression and neural network analysis is given.

*Keywords:* comparable conditions, multivariate regression, forecasting, demand for electric energy, artificial neural network, error, information security.



**Погрешности возникают  
из-за допущений  
при получении  
данных о реальном  
технологическом процессе.  
В основе – неполная  
достоверность данных**

При рассмотрении задачи прогнозирования спроса на энергоресурсы энергетическими системами и комплексами, в качестве предмета исследования возникает необходимость анализа обеспеченности технического процесса средствами сбора и обработки первичной информации [1].

К средствам информационного обеспечения относят совокупность условий, гарантирующих её достоверное и оптимальное решение [2], в частности, для задачи оценки и расчета потерь. Среди таких условий можно выделить метрологические [3], методические [4], математические [5] и внешние условия.

На рис. 1 приведена блок-схема по достижению информационной обеспеченности при оптимизации системы. Структура включает в себя технологическую, техническую и статистическую информацию. Она содержит также базы данных о схеме и измерительных комплексах, режимные параметры, данные электропотребления и их статистическую обработку.

В качестве сравнения с эталоном, применяется метод непосредственного интегрирования. Недостатки метода состоят в трудоёмкости, необходимости обработки большого объёма информации, а также в частичной неопределённости исходных данных. Несмотря на то, что методы расчёта и прогнозирования многорежимных

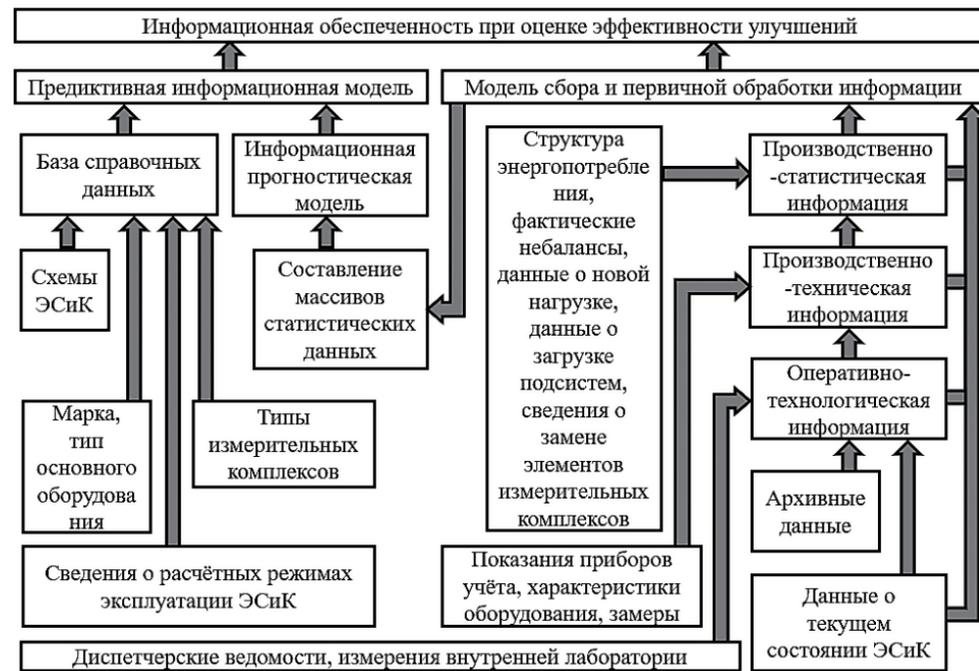


Рис. 1. Блок-схема системы по достижению информационной обеспеченности при внедрении в ЭСик улучшений, проводящих к энергосбережению и повышению энергетической эффективности

энергосистем очень чувствительны к качеству информации, полное оснащение устройствами сбора данных часто является технически мало реализуемо и экономически нецелесообразно [6]. Как следствие, все используемые методы обладают методическими и информационными погрешностями. Методические погрешности возникают из-за принятия допущений при получении данных о реальном технологическом процессе. Возникновение информационных погрешностей связано с недостаточной достоверностью и качеством полученных при замерах данных. Частичного либо полного нивелирования погрешностей можно добиться путем внедрения автоматических

систем учёта энергоресурсов и автоматизированных систем диспетчерского управления. Измерения в таком случае должны проводиться с погрешностью и периодичностью, регламентируемыми в том числе требованиями по точности и достоверности, необходимыми для формирования качественного прогнозного спроса на энергоресурсы. В любом случае, при существовании возможности произвести расчёт с использованием детерминированного подхода, важно выполнять эти расчёты с максимальной точностью. Повышение точности расчёта некоторых входных данных позволяет повысить точность прогнозной стохастической модели.

Становится актуальной подготовка методов и математических моделей для обработки данных от автоматических систем учёта. Таким образом, необходима проработка математического аппарата по расчёту прогнозного топливно-энергетического баланса, учитывающего и дополняющего системы сбора информации. Вместе с тем, модернизация систем учёта энергоресурсов в обозримом будущем сомнительна из-за больших экономических затрат и технической сложности переоборудования основных технологических агрегатов.

Расчёт прогнозного спроса на энергоресурсы, например, в электросетевых

**Методы расчёта и прогнозирования многорежимных энергосистем очень чувствительны к качеству информации, но полное оснащение устройствами сбора данных экономически нецелесообразно**

**Особенной сложностью является учёт случайных и нерасчётных режимов, появление которых вполне вероятно. Для учёта вероятностных флуктуаций применяют регрессионный и факторный анализ**

организациях производится по методам расчёта, рекомендованным Минэнерго России. Все подобные расчёты основаны на детерминированном подходе, при котором учитываются только фактические технические и технологические параметры сети: конфигурация схемы, основные расчётные режимы и прочее. Данными методами невозможно выполнить прогноз энергопотребления ни на краткосрочный, ни на среднесрочный период. Особенной сложностью является учёт случайных и нерасчётных режимов, появление которых вполне вероятно. Для учёта вероятностных флуктуаций применяют регрессионный и/или факторный анализ, анализ ряда Фурье, нейронные сети и прочие. В таком случае необходимо использовать статистическую информацию автоматических систем учёта данных и данных диспетчерских, при условии, что расчёты ведутся на основании очищенной от флуктуаций и шума репрезентативной выборки [7], коррелирующийся с генеральной совокупностью с заданной достоверностью [8]. Основное направление дальнейшего совершенствования математических моделей связано с объединением детерминированного и стохастического подходов при допущении, что объединение результатов расчёта по двум алгоритмам и предварительное центрирование относительно нуля погрешности обоих методов при помощи коэффициентов снижает дисперсию погрешности относительно нулевого значения. Также применяется предположение о корректности линейной аппроксимации статистической нелинейной зависимости исходных данных.

Прогнозирование спроса на электрическую энергию возможно через расчёт приходной и расходной части энергобаланса, который является частью контроля до-

стоверности учёта электрической энергии на станциях и подстанциях. Фактическое значение небаланса не должно превышать значение допустимого небаланса. Последний определяется на основании относительной погрешности приборов учёта энергоресурсов. С метрологических позиций наибольшее допустимое значение относительной погрешности автоматических систем учёта определяется по формуле:

$$\delta = \pm 1,1 \sqrt{\delta_I^2 + \delta_U^2 + \delta_{п.у.}^2 + \delta_n^2 + \delta_e^2 + \sum_{j=1}^n (\delta_{д.с.j}^2)} \quad (1),$$

где 1,1 – коэффициент метрологической поверки приборов учёта;  $\delta_I^2$ ,  $\delta_U^2$ ,  $\delta_{п.у.}^2$  – относительные погрешности трансформаторов тока, напряжения и приборов учёта;  $\delta_n^2$  – погрешности измерений во вторичной цепи трансформатора напряжения;



Хакер использует ноутбук с экраном кибербезопасности  
Источник: VitalikRadko / Depositphotos.com

$\delta_e^2$  – относительные угловые погрешности трансформаторов тока и напряжения;  $\delta_{д.с.j}^2$  – допустимая дополнительная погрешность счётчика от j-го влияющего фактора (например: отклонение температуры окружающего воздуха, напряжения, частоты, магнитного поля) [9].

Несмотря на простоту приведённой формулы, расчёт погрешности измерений автоматических систем учёта для отдельной энергосистемы или комплекса затруднено в силу необходимости дополнительных данных, зачастую недоступных. Для создания прогнозной функции электропотребления

энергосистемы города необходимо использовать несколько групп изменяющихся факторов, среднее за период наблюдений:

I. Группа технических и технологических факторов:

1. Число часов работы основных энергопотребителей, ч.;
2. Объём потребления тепловой энергии за год, Гкал;
3. Объём потребления электрической энергии за год, кВт·ч;
4. Объём потребления ХВС за год, м<sup>3</sup>;
5. Объём потребления ГВС за год, м<sup>3</sup>;
6. Объём потребления природного газа за год, м<sup>3</sup>;

13. Скорость ветра на высоте 10–12 метров над земной поверхностью, осредненная за 10-минутный период, непосредственно предшествовавший сроку наблюдения (м/с);

14. Направление ветра (угол) на высоте 10–12 метров над земной поверхностью, осредненное за 10-минутный период, непосредственно предшествовавший сроку наблюдения;
15. Степень затемнённости небосклона облачностью за световой день, ч;
16. Продолжительность светового дня, мин.;



Главный диспетчерский центр СО ЕЭС

Источник: Пресс-служба «Системного оператора ЕЭС»

7. Средневзвешенная по объему температура внутри здания за год, °С;

8. Средневзвешенная по объему относительная влажность воздуха внутри здания за год, %;

II. Группа климатических и климатологических факторов:

9. ГСОП;
10. Температура наружного воздуха (°С) на высоте 2 метра над поверхностью земли;
11. Атмосферное давление на уровне станции (миллиметры ртутного столба);
12. Относительная влажность наружного воздуха (%) на высоте 2 метра над поверхностью земли;

III. Группа социальных факторов:

17. Дифференциация рабочих и нерабочих дней;
18. Суммарное число часов работы сотрудников, ч;
19. Число посетителей (для бюджетных либо офисных зданий), ед.;
20. Суммарное ежемесячное число часов нахождения посетителей в здании, ч;
21. Численность населения (для МКД – жильцов), ед.;
22. Продолжительность времени работы организации с учётом числа выходных и праздничных дней, ч;

IV. Группа экономических факторов:

23. Стоимость тепловой энергии и её изменение за период проведения анализа, руб./Гкал;

24. Стоимость электрической энергии и её изменение за период проведения анализа, руб./кВт·ч;

25. Стоимость ХВС и её изменение за период проведения анализа, руб./м<sup>3</sup>;

26. Стоимость ГВС и её изменение за период проведения анализа, руб./м<sup>3</sup>;

27. Стоимость природного газа и её изменение за период проведения анализа, руб./м<sup>3</sup>;

V. Группа социально-экономических показателей [10]:

28. Реальные денежные доходы населения в процентах к предыдущему году;

29. Численность пенсионеров, тыс. чел.;

30. Удельный вес расходов домашних хозяйств на оплату жилищно-коммунальных услуг, тыс. чел.;

31. Валовой региональный продукт на душу населения, руб.;

32. Фактическое конечное потребление домашних хозяйств на душу населения на территории субъектов Российской Федерации, руб.;

33. Индексы промышленного производства в процентах к предыдущему году;

34. Поступление налогов, сборов и иных обязательных платежей в консолидированный бюджет Российской Федерации, млн руб.;

35. Валовой сбор зерна (в весе поле доработки), тыс. т;

36. Расход кормов в расчете на одну условную голову крупного скота в сельскохозяйственных организациях, центнеров кормовых единиц;

37. Объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство», млн руб.;

38. Ввод в действие жилых домов на 1000 человек населения, м<sup>2</sup> общей площади жилых помещений;

39. Объем платных услуг на душу населения, руб.;

40. Объем услуг связи на душу населения, руб.;

41. Индекс промышленного производства по субъектам Российской Федерации, в % к предыдущему году и т. д. и т. п.

Для примера проанализируем энергетическую систему г. Анадырь. Отличительная

особенность города состоит в изолированности её от единой энергосистемы страны. Одним из главных требований к анализируемым данным является синхронность их получения во времени. Использование в анализе данных, полученных в разное время, либо за различный период приводят к полному обесцениванию точности и достоверности результатов расчёта.

В качестве анализируемых данных приняты ежесуточные показания электропотребления за 2017 год. Поскольку период наблюдения включает один календарный год, то значительная часть из 41 перечисленного выше показателя не может быть использована, поскольку они мало изменились. Помимо этого, некоторые данные, доступные в открытых источниках, могут быть недостоверными и не используются в настоящем расчёте. Таким образом, используются

**Главным требованием к данным является их синхронность во времени. Использование данных, полученных в разное время, приводит к обесцениванию точности и достоверности результатов расчёта**

только факторы 10–17 с посуточной дифференциацией. Пример методики обработки данных для построения регрессионной модели описан в литературе [11]. Прогнозная регрессионная модель имеет  $R^2=84,98\%$ , результаты расчёта на проверочной выборке показаны на рис. 2. Сравнение точности прогноза спроса на электрическую энергию посредством формулы (1) не представляется возможным из-за отсутствия данных, поэтому используется формула относительной погрешности. Таким образом, точность прогноза с многофакторной регрессией составляет 90,43 %. Нейронная сеть построена по схеме: 8 входных факторов; 8 входных нейронов сигмоидального типа с кривизной 2; 1 скрытый слой с 8 экспоненциальными нейронами; 1 нейрон с экспоненциальной активационной функцией в выходном слое. Точность полученного прогноза с искусственной нейронной сетью составляет 92,98 %.

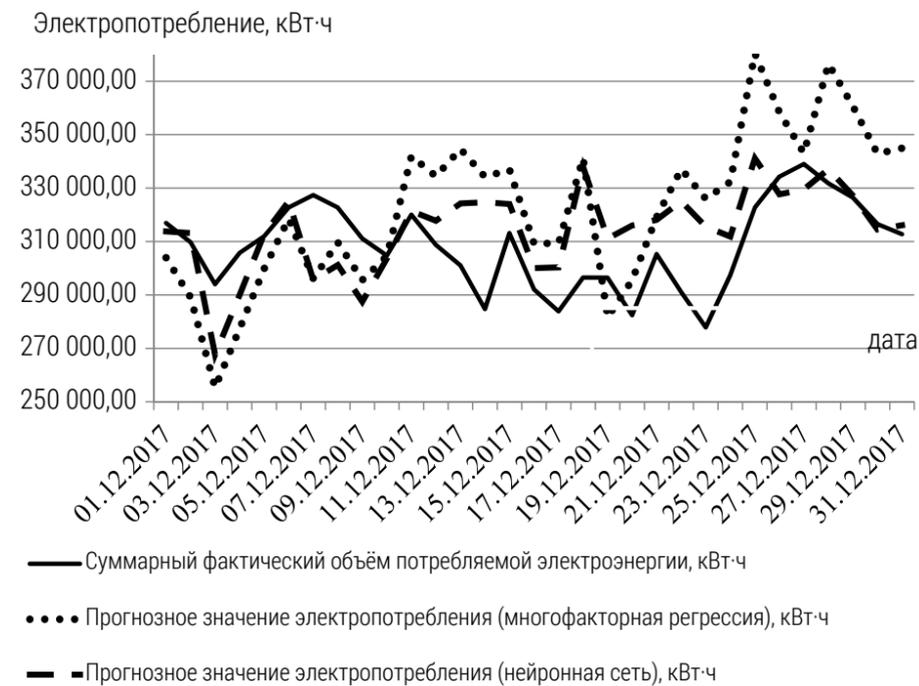


Рис. 2. Графики фактического и прогнозных электропотреблений энергетической системой города Анадырь

Поставленная в работе задача прогнозирования спроса на энергоресурсы энергетическими системами и комплексами при определении технико-экономической целесообразности внедрения энергосберегающих мероприятий может быть решена как посредством использования прогнозов на основе многофакторных линейных регрессионных моделей, так и на основе искусственных нейронных сетей. Преимущество регрессионных моделей состоит в простоте использования, недостаток – в относительно низкой точности. Преимущество искусственных нейронных сетей состоит в более высокой точности прогноза, недостаток – в необходимости специальных навыков и специализированного программного обеспечения.

**Расчёт прогнозного спроса на энергоресурсы производится по методам Минэнерго. Они основаны на подходе, который учитывает только фактические технические и технологические параметры сети**

Выводы:

1. Показана необходимость разработки математического аппарата прогнозирования спроса на энергоресурсы энергосистем и комплексов, объединяющего детерминированный и стохастический подходы.
2. Предложена блок-схема системы по достижению информационной обеспеченности, позволяющая максимально полно учесть особенности существующих на объекте систем сбора информации.
3. Предложен набор сгруппированных факторов, являющихся входными для создания прогнозной стохастической модели спроса на энергоресурсы энергетической системой.
4. Приведены точность расчёта спроса на электрическую энергию изолированной энергетической системой города: посредством многофакторного регрессионного анализа 90,43%; посредством нейросетевого анализа 92,98%.
5. Показано для прогнозирования спроса на электрическую энергию при обработке почасовых значений электропотребления городской энергосистемой наиболее точно выполнять прогноз на основании нейросетевых моделей.

Статья подготовлена по результатам проекта, выполненного при поддержке Российского научного фонда (уникальный идентификатор гранта РНФ № 16-19-20568).



Линии электропередачи

Источник: alex\_b / Depositphotos.com

## Использованные источники

1. Савина Н.В., Мясоедов Ю.В. Системные исследования потерь электроэнергии при функционировании РЭС // Вестник ИрГТУ. 2012. № 1(60). С. 142–148.
2. Кабаков А.А., Попов А.А. Современное состояние проблемы расчёта и анализа потерь электрической энергии // Молодой ученый, 2017. № 12. С. 56–59.
3. Камаев В.А., Щербаков М.В., Бребельс А. Интеллектуальные системы автоматизации управления энергосбережением // Открытое образование, 2011. № 2–2. С. 227–231.
4. Финогеев А.Г., Дильман В.Б., Маслов В.А., Финогеев А.А. Система удаленного мониторинга и управления сетями теплоснабжения на основе беспроводных сенсорных сетей // Прикладная информатика, 2011. № 3(33). С. 83–93.
5. Брумштейн Ю.М., Тарков Д.А., Дюдиков И.А. Анализ моделей и методов выбора оптимальных совокупностей решений для задач планирования в условиях ресурсных ограничений и рисков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии, 2013. № 3. С. 169–179.
6. Обухов С.Г. Математическое моделирование в системах электроснабжения: учебное пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 84 с.
7. Ананичева С.С., Мезенцев П.Е., Мызин А.Л. Модели развития электроэнергетических систем: учебное пособие / Екатеринбург: УрФУ, 2014. 148 с.
8. Бобков С.П., Бытев Д.О. Моделирование систем: учебное пособие / Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2008. 156 с.
9. Пузырев Е.В. Детерминированный и стохастический подходы в расчётах и анализе потерь электрической энергии при оценке эффективности функционирования распределительных сетей: дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск: СФУ, 2019.
10. Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика [Официальный сайт]. – URL: <https://www.gks.ru/folder/10705> (дата обращения 11.04.2020).
11. Гужов С.В., Гашо Е.Г., Шепель В.А. Составление прогнозного топливно-энергетического баланса котельной в условиях недостаточности данных // С.О.К., 2019. № 11. С. 58–60.

# Повышение энергоэффективности в системе жизнеобеспечения города

## Improving energy efficiency in the city's life support system

УДК 69.003.13

Светлана Игоревна ЛАПТЕВА  
Доцент кафедры экономики и управления  
в строительстве НИУ МГСУ, к. э. н.  
e-mail: magiclife@inbox.ru

S. LAPTEVA  
Senior lecturer department of Economics and  
Management in Construction, NRU MGSU, CES  
e-mail: magiclife@inbox.ru

Развитие жилищного строительства

Источник: Mr.Prof / Depositphotos.com



Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения энергетической эффективности в градостроительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве и благоустройстве городской среды как едином комплексе, предназначенном для повышения уровня жизни населения. Проведен анализ статистических данных в области энергосбережения. Сделан авторский прогноз на ближайшие годы относительно строительства многоквартирных домов в целом и повышенных классов энергетической эффективности в частности, а также на изменение объемов инвестиций в энергосервисные контракты.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, энергетическая отрасль, градостроительство, благоустройство, жилищно-коммунальное хозяйство.

Abstract. The article considers the issues of increasing energy efficiency in urban planning, housing and communal services and urban environment improvement as a single complex designed to improve the living standards of the population. The analysis of statistical data in the field of energy conservation. An author's forecast is made for the coming years regarding the construction of apartment buildings in general and increased energy efficiency classes in particular, as well as changes in the volume of investments in energy service contracts.

*Keywords:* energy efficiency, energy industry, urban planning, improvement, housing and communal services.

# //

## С учетом самоизоляции и падения цен на нефть, в 2020 году будет заметное снижение инвестиций на мероприятия по повышению энергоэффективности

Энергетическая отрасль и система городского хозяйства имеют очень тесную взаимосвязь. Энергетика присутствует фактически во всех сферах жизнедеятельности города: в жилом фонде, на предприятиях, на транспорте, в элементах благоустройства городской среды и т. д. В связи с этим проблемы энергетики напрямую оказывают влияние на качество городской жизни.

Вопросы повышения энергоэффективности городского строительства, переход жилищно-коммунальной сферы на принципы «умного города», качественное улучшение уровня благоустройства городской среды, к сожалению, на сегодняшний день не достаточно изучены для того, чтобы их можно было решать как единую ком-



Строительство энергоэффективных домов  
Источник: welcomia / Depositphotos.com

плексную задачу. Большинство практико-ориентированных исследований по этим направлениям лежат в плоскости смежных наук. Здесь практически отсутствуют какие-либо разработки среди экономистов [3, 6]. Можно с уверенностью говорить о том, что искусственная часть городской среды, по сути, представлена строительством и эксплуатацией объектов жилого и не жилого назначения (рис. 1), где энергоэффективность играет далеко не последнюю роль [4].

Городское строительство, эксплуатацию и благоустройство элементов городской среды следует рассматривать в комплексе как единую систему с общей стратегией развития, включающей в себя решение проблем энергетики на местном уровне [5].

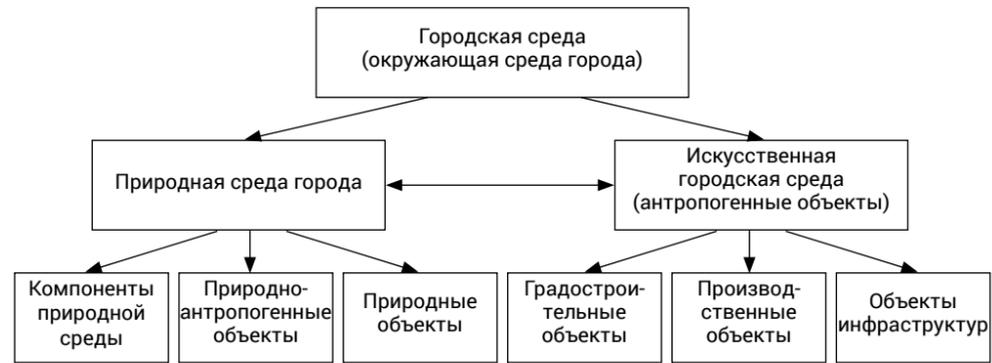
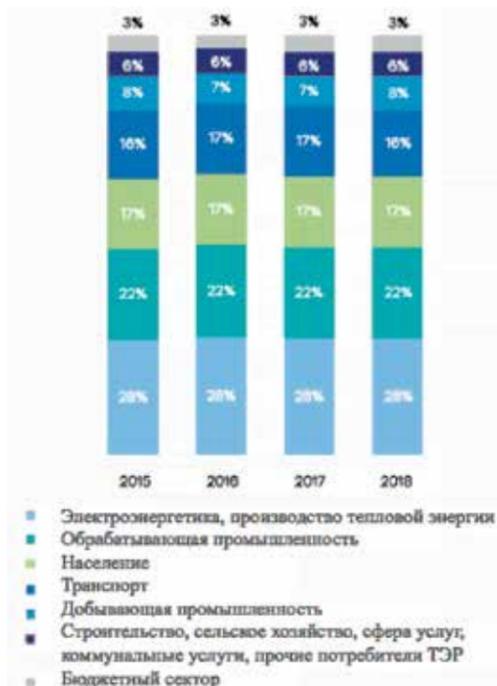


Рис. 1. Состав городской среды

Следует отметить, что, несмотря на активное пополнение в последние годы законодательной и нормативно-правовой базы в области энергоэффективности, некоторые пробелы до сих пор мешают развитию энергетического комплекса городов [1]. Так, например, современное законодательство в сфере благоустройства содержит довольно много нормативов, защищающих окружающую среду от вредного воздействия со стороны человека [2]. Но количество правонарушений в этой сфере не снижается. Одна из главных причин этой проблемы – чрезмерное количество бюрократических процедур. На муниципальном уровне

Рис. 2. Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в России по категориям потребителей [9]



главным способом увеличения качества проектов по благоустройству города в докризисный период было плановое повышение численности объектов благоустройства и количества проделанных работ [7]. Такой способ, как правило, только увеличивал объем проделанных работ, но не повышал их качество в каждом микрорайоне или округе. При этом ни один из проектов практически не ставил перед собой задачу повышения экономии энергоресурсов. Для оценки качества проектов в каждом районе присутствуют в основном исключительно численные нормативы, например такие определения как «запланировано» – «выполнено». В целом, сегодня аналогичная ситуация наблюдается и в других направлениях развития городской среды.

Согласно статистическим данным, наиболее энергоемкими секторами экономики в России стабильно являются:

- электроэнергетика и теплоэнергетика – 28 %;
- предприятия обрабатывающей промышленности – 22 %;
- население – 17 %;
- транспорт – 16 % [8].

В совокупности эти четыре сектора потребляют около 80 % топливно-энергетических ресурсов (рис. 2).

На реализацию мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности ежегодно привлекается довольно большой объем инвестиций. В частности, в 2018 году удалось привлечь 188 миллиардов рублей. Это примерно на 25–26 % больше, чем за два предыдущих года. Отмечался также рост бюджетных инвестиций. Учитывая сегодняшнюю нестабильность в экономике, массовый режим самоизоляции и серьезные колебания цен на нефть, следует ожидать в 2020 году заметное сни-

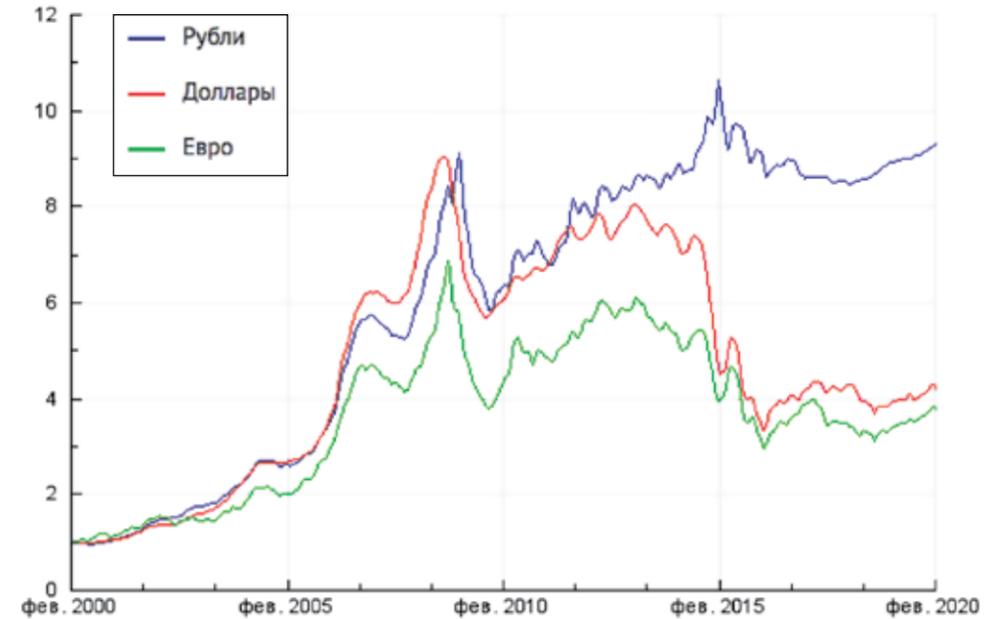


Рис. 3. Индекс стоимости жилья в г. Москве за последние 20 лет

жение инвестиций, в том числе на мероприятия по повышению энергоэффективности. Так, если в том же 2018 году, по данным Министерства экономического развития, было введено в эксплуатацию 3636 многоквартирных домов с высоким классом энергетической эффективности (а это примерно 27 % от общего числа введенных в тот год многоквартирных домов на территории России), то начиная с 2019 года можно будет увидеть, к сожалению, снижение динамики.

Прогноз снижения доли многоквартирных домов с повышенными классами энергоэффективности в ближайшие 2–3 года связан не только с обострением ситуации в экономическом секторе и падением российской валюты в марте 2020 года, но и с изменениями в законодательной базе в 2019 году, которые предусматривают переход на расчеты с застройщиками через счета «эскроу». Все это несомненно сказывается на рублевой стоимости квадратных метров недвижимости (рис. 3).

Количество строящегося и вводимого в эксплуатацию жилья сократилось под влиянием переходного периода, а стоимость коммерческого жилья возросла (что видно из рис. 3), что в свою очередь сказывается на спросе. Следовательно, заинтересованность застройщиков в возведении домов высоких классов энергоэффективности на новых условиях представляется еще менее привлекательной в связи с их более высокой стоимостью, а значит более высоким спо-

сом окупаемости. Несмотря на то, что дома с высоким классом энергоэффективности (A+ и A++) потребляют на 50–60 % меньше энергоресурсов, чем обычные, стоимость их строительства обходится намного выше и достигает порядка 25 %, в зависимости от класса энергетической эффективности. Естественно, последующая экономия на энергоресурсах частично окупает первоначальные затраты на покупку такого жилья, однако, платя за коммунальные услуги на 30–60 % меньше, возместить дополнительную стоимость за квартиру в таком доме не удастся. Основная масса строящихся многоквартирных домов имеет класс энергетической эффективности D, что согласно принятой классификации означает «нормальный». Это наиболее предпочтительный вариант как для застройщиков, так и для населения,

**Снижение доли многоквартирных домов с высокими классами энергоэффективности в ближайшие 2–3 года связано, в том числе, с переходом на расчеты с застройщиками через счета «эскроу»**

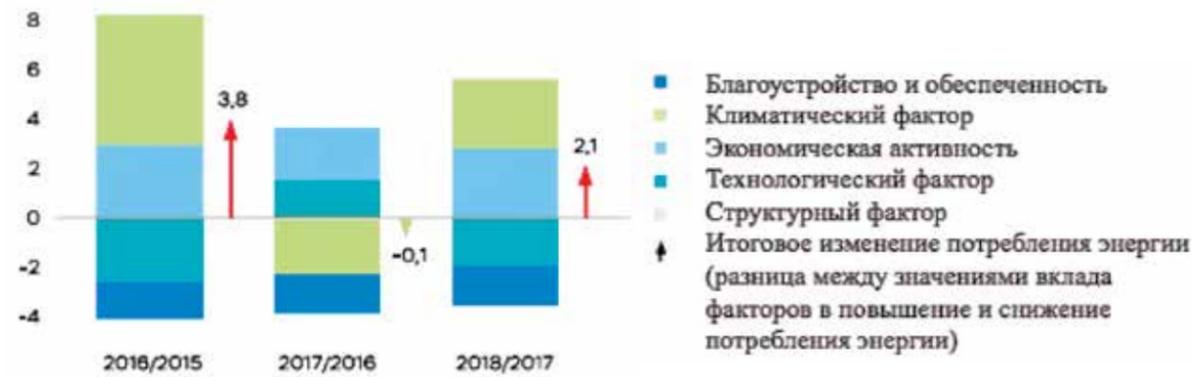


Рис. 4. Вклад факторов в изменение потребления энергии в сфере услуг и населением, млн тонн условного топлива [9]

желающего приобрести квартиру, поскольку несмотря на активную государственную политику, направленную на снижение ставок по ипотечному кредитованию, покупательская способность населения увеличивается незначительными темпами.

Как мы видим из проведенного анализа, при довольно больших объемах инвестиций в проведение мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережению, наблюдается относительно небольшой прирост в строительстве жилья повышенных классов энергетической эффективности. Многоквартирных домов с наивысшими классами энергоэффективности и вовсе только 48 на территории всей Российской Федерации.

Следует также отметить, что в жилищном секторе потребление топливно-энергетических ресурсов к началу 2019 года увеличилось почти на 14 %. При этом за 2015–2018 гг. количество жилой пло-

щади возросло на 6 % при незначительном приросте населения – 0,2 %, что повлекло за собой рост потребления энергоресурсов в жилищном секторе на 7,8 млн тонн условного топлива (рис. 4).

В целом, сегодня наибольший объем инвестиций, привлекаемых для реализации энергосберегающих мероприятий, направлен на экономию электрической энергии (рис. 5).

Инвестиции в мероприятия по повышению энергоэффективности привлекаются путем заключения энергосервисных контрактов. И здесь наибольшим спросом пользуются объекты социальной сферы, на них приходится порядка 59 % от всех контрактов, в то время как на элементы благоустройства приходится около 21 % контрактов, а на многоквартирные дома и вовсе только 4 % (рис. 6).

Как видно из рис. 6, повышение энергоэффективности в сфере благоустройства рассматривается в основном лишь

Рис. 5. Доли распределения инвестиций по видам энергетических ресурсов [9]

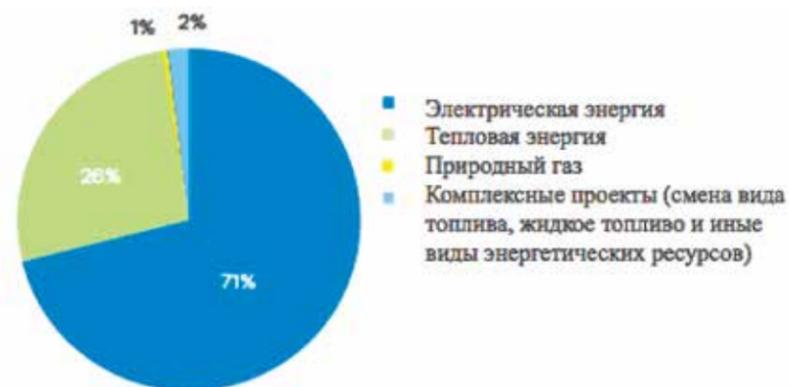


Рис. 6. Доля энергосервисных контрактов, приходящаяся на объекты реализации мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [9]

Москва-Сити, район Некрасовка  
Источник: kura0512748@gmail.com / Depositphotos.com



в части уличного освещения, а жилищно-коммунальное хозяйство представлено в довольно размытом виде, что не позволяет сделать соответствующие объективные выводы о количестве заключенных в нем энергосервисных контрактов. Очевидно, что доля энергосервисных контрактов, приходящихся на развитие объектов электросетевого хозяйства и котельных ничтожно мала – в целом по России приходится по 1 % на каждое из этих направлений. Вместе с тем, сегодня отмечается высокий процент износа инженерных коммуникаций, сетей и котельных. Рост объемов строительства жилья в последние годы и взятый курс на продолжение этой динамики лишь обостряют проблему износа. По мнению автора, следовало бы уделить больше внимания замене эксплуатируемых сегодня инженерных коммуникаций и сетей, так как последствия от возможных аварий обходятся зачастую дороже, чем предупредительные меры.

## Использованные источники

1. Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.12.2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности».
2. ГОСТ 31607–2012 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения».
3. Давиденко А.А. Реконструкция и термомодернизация жилой застройки крупнопанельных домов массовых серий // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». 2019, № 7–2. С. 481–488.
4. Ларионов А.Н. Организационно-экономические и технические проблемы обеспечения энергоэффективности при строительстве и эксплуатации многоквартирных жилых домов // Экономика строительства. 2018, № 1 (49). С. 18–26.
5. Тлеппаев А.М., Сулейменов Ж. Международный опыт инвестиционного стимулирования проектов энергоэффективности в ЖКХ и промышленности // Статистика, учет и аудит. 2019, № 1 (72). С. 187–190.
6. Яременко Н.А., Яременко Е.А., Твардовский И.А. Анализ энергоэффективности в строительстве // European Journal of Technical and Natural Sciences. 2018, № 2. С. 52–55.
7. URL: www.dgkh.mos.ru
8. URL: www.fondgkh.ru
9. URL: www.minenergo.gov.ru

# Активные энергокомплексы

## Active energy complexes

УДК 621.311:339.13

Ксения ДАЦКО  
Генеральный директор «НТЦ ЕЭС  
Управление энергоснабжением»  
и руководитель дирекции по развитию  
бизнеса АО «НТЦ ЕЭС Группа компаний»  
e-mail: info@ntc-msk.ru

Kseniya DATSKO  
CEO «Scientific and Technical Center of Unified  
Power System (Moscow Department)  
e-mail: info@ntc-msk.ru

Коммерческие отношения между АЭК и сетями  
опираются на цифровые решения

Источник: 717032749 / shutterstock.com



Аннотация. Активные энергетические комплексы – это цифровой пилотный проект по созданию новой системы взаимоотношений потребителей розничного рынка электроэнергетики с генераторами и оптимизации их затрат.

Ключевые слова: активные энергетические комплексы, пилотный проект, оплата услуг.



### Основное свойство АЭК, делающее его экономически востребованным, заключается в особой системе оплаты услуг передачи электрической энергии

Активный энергокомплекс – первый российский микрогрид с генерацией, или микроэнергосистема, состоящая из розничной ТЭЦ, непосредственно присоединенного к ней пула неаффилированных промышленных потребителей<sup>1</sup> и управляемого интеллектуального соединения. Потребление внутри активного энергокомплекса может существенно превышать пропускную способность прилегающей к ней внешней сети, для которой АЭК представляет собой только субъект

Постановление Правительства РФ № 320 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования активных энергетических комплексов», принятое 21 марта 2020 года, обеспечило условия для реализации пилотного проекта по созданию активных энергетических комплексов (АЭК) – новой модели организации энергоснабжения групп промышленных потребителей на базе распределенной генерации.

#### Микрогрид по-русски

Актуальность вышедшего документа сложно переоценить. К возникновению конструкции АЭК привело критическое сочетание нескольких факторов: появление на российском рынке большого числа когенерационных установок для распределенной энергетики, зрелость цифровых и аппаратных решений, позволяющих балансировать местную генерацию, локальный спрос и лимитированную передачу из сети общего пользования, и – самое главное – очень высокая стоимость услуг по передаче для промышленных потребителей на тарифных уровнях напряжения СН-1 (35 кВ) и СН-2 (1–20 кВ).



Цифровые решения объединят функции диспетчера, сети и сбыта  
Источник: 750212500 / shutterstock.com

потребления (нагрузку). Основное свойство АЭК, делающее его экономически востребованным, заключается в особой системе оплаты услуг по передаче электрической энергии.

В соответствии с духом времени активные энергетические комплексы решено сначала запустить в пилотном ре-

<sup>1</sup> Это важный аспект. Концепция АЭК разработана в интересах всех потребителей – как тех, кто не имеет возможности создать собственный источник энергии, так и тех, кто владеет собственной генерацией и стремится повысить ее эффективность. В статье под термином «потребитель» понимается как потребитель, владеющий генерацией, так и обычный розничный потребитель, подключенный к шинам розничной электростанции, ему не принадлежащей.



Рис. 1

жиге, сочетающем преимущества тонкой настройки условий и фиксации правил для игры «в долгую». Заявки на участие в пилотном проекте будут рассматриваться, только если они поступят до конца 2022 года, в то время как условия, установленные постановлением, будут действовать для АЭК в течение 10 лет с момента вступления в силу данного норматива. Этого времени будет достаточно для того, чтобы окупилась любая вложения в генерацию и инфраструктуру, включая программно-аппаратную ее часть. Первые итоги пилотного проекта будут анализироваться через два года после его запуска. К этому моменту будет собрано достаточно данных для подтверждения технологической и экономической нейтральности АЭК для энергосистемы и экономических эффектов для потребителей, и генерации самих активных энергокомплексов. Для оценки воздействия новой системы отношений с сетевыми организациями на экономику сетевого комплекса, скорее всего, будет разработана специальная методика, позволяющая

рассчитать реальные финансовые потери сетей в связи с функционированием активных энергокомплексов. Во избежание неконтролируемых выпадающих доходов сетевых организаций совокупная установленная мощность генерации АЭК на пилотной стадии не превысит 250 МВт.

Индикативные показатели для оценки успешности пилотного проекта сформированы исходя из ключевых целей, которые правительство ставит перед данной

---

**Первые итоги «пилота» будут анализироваться через два года после запуска, когда будет собрано достаточно данных для подтверждения технологической и экономической нейтральности АЭК**

---

организационно-правовой и технологической новацией. Во-первых, стоит задача обеспечить эффективную интеграцию цифровых решений в розничную энергетику. Отсюда вытекают показатели по снижению потребления в часы пиковой нагрузки и по количеству производителей программно-аппаратных решений для АЭК. Во-вторых, нужно добиться инвестиционной привлекательности АЭК как инструмента розничных рынков электроэнергии через тщательную проработку всех предпроектных решений. Отсюда следует указание на предельное число АЭК, которые могут покинуть проект до его окончания. Их число не должно превысить половину от об-

ладающими собственной генерацией, и внешней энергосистемой. В этих отношениях, если задуматься, было мало выигравших. Скорее, это система «lose-lose», а не «win-win». Не от хорошей жизни потребители уходили на энергоснабжение за счет собственной генерации: кому нужны непрофильные расходы! В результате сеть общего пользования, будучи обязанной поддерживать пропускную способность на всю мощность энергопринимающих устройств потребителя, недофинансировалась в связи со снижением полезного отпуска потребителю, поскольку последний переключился на собственную генерацию.



Потребители АЭК могут оплачивать фактически потребленную мощность из сети общего пользования

Источник: wastesoul / Depositphotos.com

щего числа активных энергокомплексов, попавших в реестр. Реестр формируется «Системным оператором» по заявлениям участников, выполнивших модернизацию своих объектов и обеспечивших ввод в эксплуатацию устройств и компонентов управляемого интеллектуального соединения.

### Интересы общества

Постановление упорядочивает весьма хаотичные отношения, которые за многие годы выстроились между потребителями,

С вводом нового (а по сути, давно забытого старого) понятия разрешенной мощности начинает принципиально меняться вся система отношений розничных потребителей с сетевыми организациями. Без АЭК любой потребитель, присоединяясь к сети на максимальную мощность своих энергопринимающих устройств, может рассчитывать на безоговорочное энергоснабжение в пределах величины своей максимальной мощности в любой момент времени. В реальности это означает, что, единожды присоеди-



Фактор разрешенной мощности приведет к реализации ответственного энергетического поведения

Источник: trongnguyen / Depositphotos.com

нившись на максимум, но на постоянной основе отбирая существенно меньшие объемы, потребитель относится к сетевой мощности как к страховочной.

### Потребление внутри активного энергокомплекса может существенно превышать пропускную способность прилегающей к ней внешней сети, для которой АЭК представляет собой только субъект потребления

А когда этот потребитель строит у себя собственный энергоцентр, страховочной становится практически вся мощность, заложенная для него во внешней сети.

В отличие от иных видов страхования, «энергетический полис» оплачивается только один раз в самом начале. Поэтому его можно назвать самым дешевым, практически бесплатным. Нависшая в последнее время над потребителями угроза введения так называемой «платы за резерв» проистекает именно из этого организационно-экономического перекося. Фактор разрешенной мощности приведет к реализации ответственного энергетического поведения: потребитель в АЭК захочет технологически присоединить только минимальную нагрузку, которая не может функционировать без мощности внешней сети. Остальная нагрузка подлежит энергоснабжению от генерации в составе АЭК. Тем самым с сетевого комплекса будет снято обязательство поддерживать невостребованную мощность в экономически убийственном страховом режиме, а потребитель сможет добиться значительной экономии на своем энергоснабжении.

### Где деньги

В полном соответствии с духом пилотного проекта Правительство РФ предоставило самим потребителям возможность выбора системы взаимоотношений с сетевой организацией для максимизации экономического эффекта от реализации модели АЭК на каждой конкретной площадке. При формировании АЭК, его участники вольны выбирать один из двух вариантов оплаты.

В одном случае, субъекты АЭК могут оплачивать услуги по передаче в части содержания сети исходя из минимума двух величин – фактически потребленного часового объема (т. е. по своему счетчику) или фиксированной разрешенной мощности, которая устанавливается индивидуально для каждого объекта АЭК.

ТЭЦ-12, Москва

Источник: tanaisa-91 / livejournal.com



Таблица 1

Параметр	Ед. изм.	№ 1. Тепличный комплекс	№ 2. Оптово-логистический центр	№ 3. Завод	Сумма
Максимальная мощность по документам	МВт	9	4	2,5	15,5
Потребность в дополнительных мощностях	МВт	нет	1	4	5
Максимальная фактическая среднегодовая мощность	МВт	7	5	6	18
Число часов использования максимальной мощности	Час	4000	7100	6500	

Таблица 2

Параметр	Ед.изм.	Значение
Ставка тарифа на содержание сетей	руб./кВт, в месяц	1 100
Ставка тарифа на оплату потерь	руб./кВт-ч	0,43
Средневзвешенная цена покупки энергии и мощности	руб./кВт-ч	2,79

### Для АЭК, уже функционирующих на момент принятия окончательного решения о способах расчетов с сетями, условия, сопровождавшие их запуск, сохранятся и будут действовать до 2030 года

Справедливости ради следует отметить, что для пилотной фазы на момент начала внедрения АЭК на конкретной площадке разрешенная мощность объекта АЭК соответствует его максимальной мощности, как она фигурирует в документах о технологическом присоединении. Поэтому данный подход наиболее привлекателен для инвестиционных пилотных проектов по типу Green Field, когда в начале пути присоединенная мощность невелика из-за отсутствия существенных нагрузок, а с их увеличением в ходе развития производств на площадке величина разрешенной мощности на границе с внешней сетью может оставаться неизменной.

Во втором случае, потребители АЭК могут оплачивать только мощность, фактически потребленную из сети общего пользования, то есть разницу между величиной, зафиксированной на счетчике потребителя, и величиной, обеспеченной энергоцентром комплекса. Данный подход применим для уже действующих

Таблица 3

тыс. руб./год, без НДС

Параметр	№ 1. Тепличный комплекс	№ 2. Оптово-логистический центр	№ 3. Завод	Сумма
Содержание сетей	92 400	66 000	79 200	237 600
Оплата потерь	12 600	15 975	17 550	46 125
Энергия и мощность	78 120	99 045	108 810	285 975
Итого	183 120	181 020	205 560	569 700

Таблица 4

МВт

Параметр	№ 1. Тепличный комплекс	№ 2. Оптово-логистический центр	№ 3. Завод
Максимальная среднегодовая фактическая мощность	7	5	6
Разрешенная мощность	9	4	2,5
Мощность по договору с ООО «Энергоцентр»	6,8	4,9	5,9
Оплачиваемая мощность по тарифу на содержание сетей			
При выборе варианта а)	7	4	2,5
При выборе варианта б)	0,2	0,1	0,1

промышленных площадок (Brown Field), где перспективы роста просматриваются не так хорошо, как в Green Field. В данном случае понятие разрешенной мощности не применяется.

### Фактор разрешенной мощности приведет к реализации ответственного энергетического поведения: потребитель в АЭК захочет технологически присоединить только минимальную нагрузку

Было бы лукавством преподносить сам факт такой альтернативы исключительно как заботу о потребителе. Если со вторым

вариантом оплаты все понятно, то первый требует пояснений. Он был предложен для минимизации возможных потерь сетевых организаций в связи с внедрением АЭК. К моменту оценки первых результатов пилотирования – а это зима 2022–2023 гг. – появятся предварительные количественные итоги. На их основе Правительство России сможет окончательно определить наиболее предпочтительный способ расчетов с сетями. При этом, повторимся, для АЭК, уже функционирующих на момент принятия окончательного решения, условия, сопровождавшие их запуск, сохранятся и будут действовать до 2030 года – срока более чем достаточного для возврата всех вложений.

### Пример финансовой составляющей

Для наглядности приведем рассчитанные эффекты для трех потребителей, представляющих разные отрасли промышленности. В расчетах учли:

Таблица 5

тыс. руб./год, без НДС

Параметр	№ 1. Тепличный комплекс	№ 2. Оптово-логистический центр	№ 3. Завод	Сумма
Содержание сетей	92 400	52 800	33 000	178 200
Оплата потерь	360	319	292	971
Энергия и мощность на розничном рынке	2 232	1 981	1 813	6 026
Энергия и мощность по договору с ООО «Энергоцентр»	94 860	121 330	133 746	349 936
Итого	189 852	176 430	168 851	535 133
Экономия	-4 %	3 %	20 %	6 %



Промышленность все чаще строит собственную генерацию

Источник: vostokphotos.ru

- мощности (табл. 1);
- исходные данные для расчета стоимости электрической энергии (табл. 2);
- затраты на энергоснабжение в год (табл. 3).

Условная компания ООО «Энергоцентр», владеющая электростанцией мощностью 18 МВт (располагаемая мощность 17,6 МВт), предлагает потребителям поучаствовать в пилотном проекте АЭК и покупать энергию и мощность по средневзвешенной цене 3,49 руб./кВт·ч.

В АЭК объем оплачиваемой мощности по ставке на содержание сетей будет различаться в зависимости от выбранного

варианта оплаты (п. 23 а) или б) постановления). Далее для примера приняты среднегодовые значения (табл. 4).

Годовые расходы на энергоснабжение потребителей, в случае участия в пилотном проекте АЭК при выборе варианта оплаты а), отражены в табл. 5.

«Энергоцентр» в таком проекте АЭК получает дополнительный доход (по сравнению с продажей гарантирующему поставщику) в 69,987 млн руб./год без НДС. Суммарная экономия потребителей в АЭК составит 6 %. Наибольший эффект получит потребитель с приростом нагрузки. Результат остальных, в лучшем случае, будет соизмерим с эффектом от смены

Таблица 6

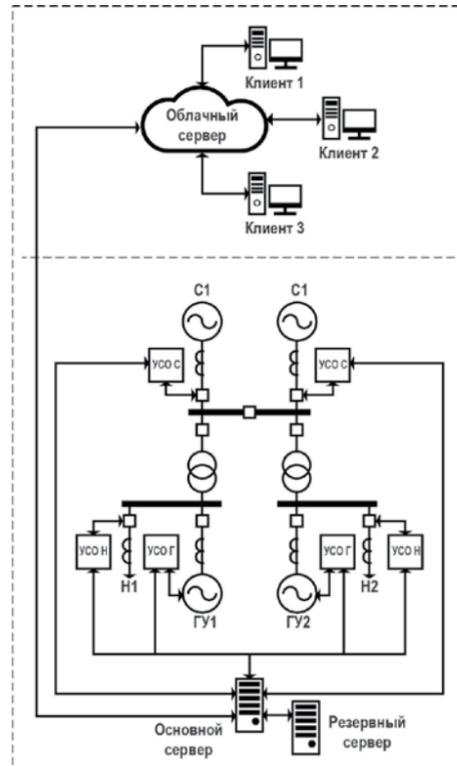
Параметр	№ 1. Тепличный комплекс	№ 2. Оптово-логистический центр	№ 3. Завод	Сумма
Содержание сетей	2 640	1 320	1 320	5 280
Оплата потерь	360	319	292	971
Энергия и мощность на розничном рынке	2 232	1 981	1 813	6 026
Энергия и мощность по договору с ООО «Энергоцентр»	94 860	121 330	133 746	349 936
Итого	100 092	124 950	137 171	362 214
Экономия	45 %	31 %	38 %	36 %

**Экономика, коммерция и интерфейс пользователей**

1. Прогноз профилей потребления и цен розничного рынка электроэнергии;
2. Оптимизация почасовых договорных объемов продажи электроэнергии и корректировка договоров купли-продажи между субъектами АЭК;
3. Экономическая оптимизация загрузки генерирующих установок;
4. Расчет объема оказанных услуг по передаче электроэнергии;
5. Направление актов оказанных услуг в электронной форме сетевой организации и гарантирующему поставщику;
6. Пользовательский интерфейс.

**Технологическое управление**

1. Автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности АЭК;
2. Автоматическое отключение и включение нагрузки и генераторов АЭК;
3. Автоматическое выделение АЭК на изолированную работу при снижении частоты в электроэнергетической системе;
4. Автоматическое отключение и включение линий связи АЭК с внешней электроэнергетической системой;
5. Точная автоматическая синхронизация с внешней электроэнергетической системой.



С – электроэнергетическая система;  
 ГУ – генерирующая установка;  
 Н – нагрузка;  
 УСО – устройство связи с объектом.

Рис. 2. Управляемое интеллектуальное соединение АЭК

ценовой категории или перехода к независимой сбытовой организации. Именно поэтому данный способ оплаты привлекателен для инвестиционных пилотных проектов по типу Green Field, где необходимые нагрузки обеспечиваются производителем электроэнергии.

### Управляемое интеллектуальное соединение – это совокупность хорошо известных в энергетике программно-аппаратных средств, позволяющих выполнять необходимые для микроэнергосистемы функции

При выборе варианта оплаты б) картина с годовыми затратами на энергоснабжение потребителей выглядит намного лучше (табл. 6).

Высокий процент экономии связан не только с выбором способа оплаты, но и с ценой, предложенной «Энергоцентром». В указанном примере компания получает дополнительный доход (по сравнению с продажей гарантирующему поставщику) также в размере 69,987 млн руб./год без НДС. При этом эффективность проекта АЭК сохранится для всех потребителей даже при средневзвешенной цене электроэнергии и мощности «Энергоцентр» в 5,1 руб./кВт·ч без НДС. Производитель в таком случае получает дополнительный доход (по сравнению с продажей гарантирующему поставщику) в 231,701 млн руб./год без НДС. Хороший люфт для переговоров с потребителями. Однако не стоит забывать о необходимых инвестициях в проект создания АЭК.

**Новелла**

Как известно, времена, когда требовалось изобретать колесо, остались далеко позади. Нынешняя эпоха – время создания добавленной стоимости. В этом смысле управляемое интеллектуальное

### Для АЭК интеллектуальное соединение выполняет задачи технологического и коммерческого управления. В одном цифровом и аппаратном решении соединяются функции всех субъектов инфраструктуры

соединение – это совокупность хорошо известных в энергетике программно-аппаратных средств, позволяющих выполнять необходимые для микроэнергосистемы функции, которые дополнены двумя специальными решениями.

Первое обеспечивает автоматическое отключение объектов АЭК по заранее согласованному алгоритму в случаях, когда невозможно устранить превышение

разрешенной мощности энергокомплекса за счет загрузки генераторов. Система отключает весь АЭК, если превышение длится более 10 секунд. Это делает возможным выполнение главного требования к активному энергокомплексу со стороны внешней сети – работать в пределах своей разрешенной мощности.

Другое решение обеспечивает оптимизацию в реальном времени загрузки генерирующих установок в соответствии с режимом работы энергопринимающих устройств потребителей. Это позволяет постоянно получать дополнительные экономические эффекты сверх выгод, которые дает буквальное исполнение постановления в части финансовых расчетов с сетью.

Для активного энергокомплекса, как для микроэнергосистемы, интеллектуальное соединение выполняет задачи технологического и коммерческого управления. В едином цифровом и аппаратном решении соединяются функции всех субъектов энергетической инфраструктуры

ТЭЦ-22, Москва

Источник: burovik.ru



одновременно – диспетчера, сети и энергосбыта. Однако нарушения смысла законодательно установленного запрета на совмещение монопольных и конкурентных видов деятельности здесь нет, и это тема для отдельной статьи. Зато есть внедряемая впервые в российской действительности бессубъектная конструкция: функции исполняются, а субъекта нет. И, если технические требования к управляемому интеллектуальному соединению, ожидаемые сообществом к концу мая, будут по своему духу соответствовать постановлению, то есть будут минимально необходимыми, достаточными и уважительными по отношению к потребителю, то и стоить оно будет не так дорого, как грозят алармисты.

### Эволюция розницы

С появлением постановления, отношения на розничных рынках электроэнергии становятся более объективированными и, как следствие, способными развиваться дальше. Траектория развития обусловлена новым смыслом коммерческих взаимоотношений между АЭК и сетевым комплексом, опирающихся на программно-аппаратные решения. Это ведет к возникновению системы промышленно-энергетических кластеров, способных удовлетворить экономические интересы потребителей, розничных генераторов и энергосистемы в целом.



Сети освободятся от обязательств поддерживать невостребованную мощность  
 Источник: EvgeniyShkolenko / Depositphotos.com

# Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт

## Energy storage systems: russian and international experience

УДК 621.311

Вячеслав Михайлович ЗЫРЯНОВ  
НГТУ НЭТИ, к. т. н., с. н. с.  
e-mail: vmzyryanov47@gmail.com

V. ZYRYANOV  
NSTU, CES  
e-mail: vmzyryanov47@gmail.com

Наталья Геннадьевна КИРЬЯНОВА  
НГТУ НЭТИ  
e-mail: kiryanova-ng@ya.ru

N. KIRYANOVA  
NSTU  
e-mail: kiryanova-ng@ya.ru

Игорь Юрьевич КОРОТКОВ  
НГТУ НЭТИ  
e-mail: korotkov961@gmail.com

I. KOROTKOV  
NSTU  
e-mail: korotkov961@gmail.com

Глеб Борисович НЕСТЕРЕНКО  
Инженер «СНЭ», НГТУ НЭТИ  
e-mail: g.nesterenko@estorsys.ru

G. NESTERENKO  
Engineer ESS, NSTU  
e-mail: g.nesterenko@estorsys.ru

Глеб Александрович ПРАНКЕВИЧ  
Инженер «СНЭ», НГТУ НЭТИ  
e-mail: g.prankevich@estorsys.ru

G. PRANKEVICH  
Engineer ESS  
e-mail: g.prankevich@estorsys.ru

Кабели и серверы в технологическом информационном центре

Источник: firefox / Depositphotos.com



Аннотация. Проведён анализ реализованных проектов систем накопления электроэнергии. Выполнен обзор актуальных областей применения накопителей энергии в энергосистемах разного типа, в том числе с возобновляемыми источниками и распределённой генерацией. Показано, что многие актуальные задачи выбора состава оборудования, организации структуры, ведения режимов, устойчивости и надёжности энергосистем с помощью накопителей энергии могут быть решены более эффективно, чем традиционными способами. Рассмотрен мировой и отечественный опыт применения различных технологий накопления электрической энергии.

*Ключевые слова:* накопители энергии, системы накопления электроэнергии, возобновляемая энергетика, области применения накопителей энергии.

Abstract. The present study deals the application of performed energy storage projects. A comparative analysis of relevant fields of energy storage unit's application in the power systems including renewable and disturbed energy sources has been performed and it shows that the problems of unit commitment, structural organization, mode control, stability and reliability can be solved more efficiently with the help of energy storage systems as compared to traditional approach. World and Russian experience of using different energy storage systems have been observed.

*Keywords:* energy storage, energy storage system, renewable power engineering, energy storage applications.

## //

### Распределение систем накопления по узлам энергосистемы будет способствовать снижению аварийных перетоков при дисбалансе активной мощности

#### Введение

Традиционная архитектура энергосистем с самого начала их формирования предопределялась одновременностью процессов производства и потребления электроэнергии и необходимостью поддерживать в любой момент времени баланс между вырабатываемой и потребляемой мощностью в условиях стохастического характера потребления.

В последние десятилетия в составе и структуре энергосистем происходят существенные качественные изменения. Прежде всего, это связано со значительной и неуклонно возрастающей долей генерации с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и развитием распределённой генерации. Учитывая трудно предсказуемый характер ВИЭ генерации, её полную зависимость от погодных условий, для гарантированного обеспечения баланса необходим соответствующий объём резервной мощности, который пока реализуется в основном за счёт традиционной генерации. Такой способ поддержания баланса имеет свои технические и экономические ограничения и не решает в целом проблему интеграции ВИЭ в состав традиционной энергосистемы.

Радикально проблема решается при условии широкого внедрения систем накопления энергии, что в настоящее время становится одним из ключевых направлений развития электроэнергетики. Способность накопителей разделять во времени процессы производства и потребления электроэнергии является предпосылкой к революционным преобразованиям в структуре и организации функционирования энергосистем, повышающей их надёжность и эффективность. Системы накопления открывают новые возможности для по-



Дома, оснащенные солнечными панелями

Источник: penfoldsroofing.com

вышения качества управления режимами и улучшения экономических показателей функционирования энергетики на всех этапах производства, передачи и распределения электроэнергии [1, 2]. Наиболее эффективные накопители в последние десятилетия вышли на уровень практического применения.

### Области применения систем накопления электрической энергии

Система накопления энергии является многофункциональным устройством, способным одновременно управлять активной и реактивной мощностью, быть фильтром высших гармоник, компенсировать асимметрию напряжения. Учитывая высокую стоимость накопителей, целесообразно совмещать в одном устройстве сразу несколько функций. Системы накопления позволяют решать сразу несколько задач:

**1. Повышение эффективности электростанций на основе ВИЭ и их интеграция в традиционные энергосистемы.** Располагаемая мощность электростанций на основе ВИЭ, прежде всего, ветровых и солнечных, сложно прогнозируема. Стохастический характер имеет и график нагрузки потребителей. Соблюдение баланса

активной мощности приводит к ее недоиспользованию при избытке энергии или к ограничению нагрузки при её дефиците. Накопители энергии позволяют согласовывать графики генерации и нагрузки, обеспечивая полную загрузку электростанции по фактическому значению потока ветровой или солнечной энергии.

Управление энергосистемой усложняется при наличии в её составе значительной доли ветровой и солнечной генерации. Одно из наиболее эффективных решений этой задачи – применение накопителей энергии: создание технических комплексов «ВИЭ – СНЭ», позволяющих поддерживать баланс между генерацией и потреблением

### Способность накопителей разделять во времени процессы производства и потребления электроэнергии является предпосылкой к революционным преобразованиям в функционировании энергосистем

и оптимизировать управление потоками мощности от возобновляемых источников.

**2. Автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности.** Любое нарушение баланса активной мощности приводит к изменению частоты в энергосистеме. Накопители позволяют автоматически поддерживать частоты в рамках нормативов. Они могут эффективно применяться в качестве резерва первичного и вторичного регулирования частоты [3]. Благодаря быстрому действию, накопители способны одновременно выполнять функции как первичного, так и вторичного резерва активной мощности. Они могут устранять дисбалансы активной мощности за несколько секунд, что коренным образом улучшит качество регулирования частоты при возникновении значительных перепадов.

Распределение систем накопления по узлам энергосистемы будет способствовать снижению аварийных перетоков при дисбалансе активной мощности и, тем самым, повышению максимально допустимых перетоков в контролируемых сечениях в нормальных режимах.

**3. Выравнивание суточных графиков нагрузки.** Накопитель энергии, обладающий достаточной энергоёмкостью и мощностью, способен выравнивать график нагрузки, накапливая электроэнергию в ночной период при её минимальной стоимости и возвращая в периоды максимального



Система накопления энергии Tesla

Источник: Tesla.com

дневного потребления, когда цены на электроэнергию являются наиболее высокими. Выравнивание суточного графика позволяет уменьшить потребность в пиковой мощности энергосистемы и снизить перетоки мощности по линиям электропередач в периоды максимумов.

**4. Предотвращение снижения напряжения.** Изменение режима работы энергосистемы, аварии приводят к изменениям уровней напряжения в сетях.

### Накопители энергии позволяют согласовывать графики генерации и нагрузки, обеспечивая полную загрузку электростанции по фактическому значению потока ветровой или солнечной энергии

Системы накопления, установленные в узлах нагрузки, способны в темпе переходных процессов поддерживать требуемый уровень напряжения и регулировать его по любому заданному закону. Это позволяет избежать отключения потребителей, снизить перетоки реактивной мощности по линиям электропередачи и понизить вероятность развития лавины напряжения.

**5. Увеличение пропускной способности электропередач.** Электроснабжение отдельных крупных потребителей или удалённых от объединённой энергосистемы промышленных районов зачастую осуществляется по линиям электропередач, относящимся к слабым связям. С ростом потребления появляется необходимость строительства дополнительных линий для покрытия нарастающего дефицита пиковой мощности или электростанции в центре потребления. Альтернативой является установка системы накопления на приёмном конце электропередачи, которая позволяет перераспределять передаваемую энергию во времени таким образом, чтобы сгладить график загрузки. Таким образом можно передавать большее количество энергии, не превышая максимально допустимое значение мощности, что позволяет отсрочить строительство дополнительных линий.

**6. Повышение надёжности электроснабжения потребителей особой группы.** Для потребителей электроэнергии особой группы прерывание электроснабжения даже на время работы автоматики может привести к нарушению технологического процесса и значительному ущербу.

Потребители особой группы обеспечиваются аварийными дизель-генераторными установками. За время пуска и подключения дизельных генераторов к системе электроснабжения, выбег электродвигателей возрастает настолько, что при самозапуске асинхронных двигателей могут возникать недопустимо большие токи, а синхронные двигатели могут выпасть из синхронизма.



Обледенение проводов ЛЭП на Алтае  
Источник: *myaltai.com*

Дополнение системы электроснабжения накопителем энергии, способным обеспечить питание потребителей до момента включения аварийного генератора, позволяет существенно повысить надёжность электроснабжения.

**7. Применение накопителей для подавления низкочастотных колебаний режимных параметров.** В энергообъединениях существует опасность низкочастотных колебаний параметров режима в диапазоне частот 0,1–2 Гц [4]. При недостаточности демпфирующих свойств в энергосистеме есть риск «развития» колебательного процесса, что может приводить к нарушениям устойчивости и каскадному развитию аварии.

### **Включение накопителей в состав автономной электростанции позволяет уменьшить установленную мощность генераторных, обеспечить их высокий коэффициент загрузки и сократить расход топлива**

Многофункциональность систем накопления и её быстродействие позволяют подавлять такие колебания при первых признаках их появления [5].

**8. Оптимизация установленной мощности генераторных агрегатов и снижение расхода топлива на автономных электростанциях.** На большинстве автономных электростанций используются дизельные, газопоршневые и газотурбинные генераторные агрегаты, количество которых на каждой станции не превышает нескольких единиц. Во многих случаях их коэффициент использования установленной мощности имеет низкие значения ( $K_{\text{иум}} = 0,25–0,35$ ), что приводит к повышенному расходу топлива. Включение систем накопления в состав автономной электростанции позволяет уменьшить установленную мощность генераторных агрегатов (вплоть до среднего значения графика нагрузки), обеспечить их высокий коэффициент загрузки и существенно сократить расход топлива при условии сохранения максимальной мощности и объёма выработки электроэнергии.

**9. Сглаживание резко переменной нагрузки.** Влияние потребителей большой мощности с резко переменным характером нагрузки на работу энергосистемы имеет ряд негативных последствий. Из-за колебаний мощности по питающим линиям электропередачи возрастают потери активной мощности, понижается уровень статической и динамической устойчивости энергосистемы, возрастает вероятность развития низкочастотных колебаний режимных параметров. Установка накопителя в узле нагрузки позволяет парировать все нежелательные отклонения режимных параметров и стабилизировать их в заданных пределах.

**10. Повышение качества электроэнергии в узлах с резко переменной нагрузкой.** В узлах энергосистемы с мощной резко переменной нагрузкой, которая приводит к скачкообразным изменениям величины и фазы напряжения, искажению формы кривой напряжения, неизбежно возникает проблема обеспечения качества электроэнергии. Быстродействующая система накопления способна обеспечивать основные показатели качества – поддерживать заданный уровень напряжения, подавлять высшие гармоники – при условии достаточности её ресурсов и наличии адаптивного управления.



Упавшая опора ЛЭП

Источник: *glavnoe.ua*

**11. Использование систем накопления для противоаварийного управления.** Противоаварийная автоматика обеспечивает живучесть и надёжность электроэнергетической системы, ограничивая развитие аварийных режимов и создавая условия для их прекращения. Учитывая быстродействие и многофункциональность, целесообразно использовать накопители в качестве средства противоаварийного управления [3].

При возникновении аварийной ситуации по сигналам от традиционной системы противоаварийной автоматики накопитель способен воздействовать на процессы

в энергосистеме, выдавая или потребляя активную/реактивную мощность со временем отклика около 5 мс. Система накопления может быть эффективна для выполнения функций автоматики предотвращения устойчивости, ликвидации асинхронных режимов, ограничения снижения и повышения частоты, ограничения перегрузки оборудования. При этом «штатная» противоаварийная автоматика энергосистемы дублирует возложенные на накопитель функции в качестве резервной автоматики. В целом система противоаварийной автоматики становится более эффектив-

ной и надёжной за счёт дополнительных возможностей по влиянию на режимные параметры.

**12. Повышение эффективности гибридных электростанций с системами накопления.** В России на территории, не обслуживаемой единой энергосистемой, прежде всего, в Сибири и на Дальнем Востоке, эксплуатируется несколько тысяч автономных дизельных электростанций. На закупку и доставку топлива для этих электростанций затрачивается до 40 % региональных бюджетов. В то же время, использование ветровой и солнеч-

ной энергии позволяет в значительной мере изменить ситуацию. При наличии достаточных объёмов возобновляемых ресурсов энергии целесообразно строить гибридные электростанции, в которых комбинируются ветрогенераторы, солнечные установки и традиционные дизель-генераторные агрегаты. Оснащение гибридных электростанций системами накопления энергии даёт возможность повысить их эффективность, так как появляется возможность оптимизировать потоки энергии и при необходимости хранить её невостребованные объёмы, полученные при избытке возобновляемой генерации.

### На Дальнем Востоке целесообразно строить гибридные электростанции с накопителями, которые комбинируют ветрогенераторы, солнечные установки и традиционные дизель-генераторные агрегаты

**13. Компенсация реактивной мощности и оптимизация её перетоков.** Одна из четырёх основных функций систем накопления – управление реактивной мощностью. В узлах установки накопителя в дополнение к основной функции – управление активной мощностью – целесообразно возложить на них задачу управления реактивной мощностью, заменяя традиционные средства управления, регулирования и компенсации. Быстродействие накопителя и способность как потреблять, так и выдавать реактивную мощность позволяют применять его не только для регулирования нормальных режимов, но и для решения задач противоаварийного управления.

**14. Замещение «вращающегося» резерва.** Система накопления, обладая высоким быстродействием, лучше всего подходит для выполнения функции «вращающегося» резерва. Для этого можно использовать специализированный накопитель энергии, который переходит из состояния ожидания в режим выдачи мощности только при необходимости введения резерва в действие. В тех случаях, когда накопитель выполняет

другие задачи, его также можно привлечь для «вращающегося» резерва, если у него имеется достаточный запас энергии.

**15. Защита генераторных агрегатов от резких изменений нагрузки.** Резкие, скачкообразные изменения нагрузки значительной амплитуды в автономных, изолированных энергосистемах, а также работающих в островном режиме, могут приводить к аварийным отключениям газопоршневых агрегатов, которые являются самыми чувствительными к скачкам мощности генераторными агрегатами. В то же время такие генераторы по технико-экономическим характеристикам наиболее привлекательны для автономных энергосистем предприятий нефтегазового сектора, как правило, не имеющих связи с объединённой энергосистемой.

Быстродействующие накопители за счёт сглаживания фронтов импульсов нагрузки способны кардинально решать описанную задачу, предотвращая аварийное отключение газовых генераторов [6]. Причём, для этого не требуется большая энергоёмкость накопителя.

Ветровые турбины

Источник: JohanSwanepoel / Depositphotos.com



Общий тип		ВАЭС	Водородные	Тепловые	Электрохимические	ГАЭС
Количество	Ед.	2	13	134	754	350
	%	0,16	1,04	10,69	60,18	27,93
Суммарная мощность	МВт	5,35	20,49	3273,97	3296,75	183007,5
	%	0	0,01	1,73	1,74	96,52
Суммарная энергоёмкость	МВт·ч	17,4	101,06	22363,6	7680,08	1661911
	%	0	0,01	1,32	0,45	98,22
Средняя мощность	МВт	2,68	1,58	24,43	4,37	522,88
	%	0,48	0,28	4,39	0,79	94,05
Средняя энергоёмкость	МВт·ч	8,73	16,84	173,36	10,97	19102,42
	%	0,05	0,09	0,9	0,06	98,91

Таблица 1. Сравнительные показатели основных типов СНЭ

**16. Демпфирование нерегулярных колебаний активной мощности при помощи СНЭ.** При проектировании и эксплуатации энергосистем необходимо поддерживать перетоки мощности по сечениям, исходя из условия обеспечения запаса статической устойчивости. Нерегулярные колебания перетоков между элементами энергообъединения появляются в результате несоответствия между генерацией и потреблением и имеют случайный характер. Чем выше амплитуда нерегулярных колебаний, тем ниже расчётный коэффициент запаса статической устойчивости. Снижение амплитуды нерегулярных колебаний при помощи накопителя позволяет увеличить переток по сечению.

### Мировой опыт применения систем накопления электроэнергии

Для анализа практического применения систем накопления в энергосистемах стран мира использована база данных U.S. Department of Energy Global Energy Storage Database [7] по состоянию на конец 2019 года, рассмотрены проекты мощностью более 50 кВА.

По расчётной мощности накопителей энергии первое место занимает Китай. Это связано с тем, что в стране широко применяются гидроаккумулирующие электростанции, обладающие большой энергоёмкостью. Однако, по количеству реализованных проектов различного типа накопителей энергии безоговорочным лидером являются Соединённые Штаты Америки. Число проектов более чем в 5

раз превышает аналогичный показатель Китая. В США основным типом накопителей энергии являются электрохимические батареи. Их число составляет практически 80 % от всех видов накопителей по стране. Высокий спрос на электрохимические накопители энергии в фермерских хозяйствах США делает их наиболее доступными и обеспечивает стремительное развитие данного типа накопителей энергии.

Анализ систем накопления по типам представлен в таблице 1.

На долю гидроаккумулирующих электростанций приходится наибольшие суммарные значения мощности и энергоёмкости.

Гидроаккумулирующие электростанции обычно рассматривают несколько обособленно от других систем не только из-за их большей мощности и энергоёмкости, но и в связи с тем, что они являются традиционным решением и широко применяются в энергосистемах многих стран мира. Кроме того, мобильность и быстродействие

**По количеству реализованных проектов различного типа накопителей энергии безоговорочным лидером являются США. Число проектов более чем в 5 раз превышает аналогичный показатель Китая**

гидроаккумулирующих электростанций несопоставимы с наиболее актуальными в настоящее время электрохимическими накопителями.

В таблице 2 показано распределение электрохимических систем накопления с разными типами накопительных элементов по величине суммарной мощности и суммарной энергоёмкости.

На долю литий-ионных накопителей приходятся наибольшие суммарные мощности и энергоёмкости. В то же время их средние значения мощности и энергоёмкости относительно невелики по сравнению с проектами накопления других типов. По мощности и энергоёмкости среди действующих проектов систем накопления лидируют гидроаккумулирующие системы, по количеству проектов – новейшие типы накопителей, среди которых преобладают электрохимические (754 проекта – 60 % всех проектов).

Среди электрохимических накопительных элементов наиболее широко применяются литий-ионные аккумуляторы (488 проектов – 67 % от общего числа систем накопления с электрохимическими элементами). Из них чаще всего используются литий-железо-фосфатные аккумуляторы (96 проектов – 64 % от общего числа накопителей с литий-ионными элементами), широкое применение нашли литий-титанатные (21 проект – 14 %), литий-полимерные (20 проектов – 14 %) и литий-никель-марганец-кобальт-оксидные аккумуляторы (9 проектов – 6 %).

Активное развитие и освоение технологий литий-ионных аккумуляторов способствуют значительному снижению себестоимости систем накопления.

Таблица 2. Сравнительные показатели разных типов электрохимических СНЭ

Тип	Количество, ед.	Суммарная мощность, МВт	Суммарная энергоёмкость, МВт·ч	Средняя мощность, МВт	Средняя энергоёмкость, МВт·ч
Гибрид св.-кис. + суперкон.	8	8	5	1	0,6
Суперконденсаторные	27	34	1	1,3	0,1
Свинцово-кислотные	59	166	175	2,8	3,3
Металло-воздушные	6	20	309	3,3	51,5
На основе натрия	63	218	1 357	3,5	22,2
Проточные	73	318	1 233	4,4	16,9
Литий-ионные	488	2 301	4 669	4,7	10
На основе никеля	4	32	9	8,1	3,1

**На долю литий-ионных накопителей приходятся наибольшие суммарные мощности и энергоёмкости. Но их средние показатели относительно невелики по сравнению с проектами накопления других типов**

### Отечественный опыт применения систем накопления электроэнергии

Бурный рост интереса к тематике систем накопления в отечественной научной среде и промышленности начался в конце 60-х – начале 70-х годов XX века, что соответствовало аналогичным процессам в мировом научно-техническом сообществе. Однако в конце 80-х – начале 90-х годов подавляющее большинство научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области накопления энергии было прекращено. Экономическая ситуация в стране не способствовала развитию этого направления энергетики.

За последние десятилетия ряд наиболее эффективных технологий накопления и хранения энергии достигли уровня практического применения в энергетике. Одновременно с этим значительно снизилась стоимость основных компонентов (аккумуляторов, силовых преобразователей), что, в свою оче-

Таблица 3. Реализованные проекты СНЭ в РФ (без учёта ГАЭС)

№ пп	Местоположение	Тип аккумуляторов	Суммарная номинальная мощность / энергоёмкость	Назначение СНЭ	Ввод в эксплуатацию
1	г. Москва, ЕЭС России	Цинк-бромные	25 кВА / 25 кВт·ч	Снижение затрат потребителя на покупку мощности и электроэнергии у потребителя	Информация отсутствует
2	ПС «Сколково», Московская обл., ИЦ «Сколково», ЕЭС России	Литий-ионные (литий-никель-марганец-кобальтатные)	1200 кВА / 1000 кВт·ч	ИБП	2012 г.
3	ПС «Смирново», Московская обл., ИЦ «Сколково», ЕЭС России	Литий-ионные (литий-никель-марганец-кобальтатные)	1200 кВА / 1000 кВт·ч	ИБП	2012 г.
4	ПС «Веселое», г. Сочи, п. Веселое, ЕЭС России	Литий-ионные (литий-никель-марганец-кобальтатные)	600 кВА / 500 кВт·ч	ИБП	2012 г.
5	ПС «Спортивная», п. Красная поляна, ЕЭС России	Литий-ионные (литий-никель-марганец-кобальтатные)	600 кВА / 500 кВт·ч	ИБП	2012 г.
6	ПС «Псоу», г. Сочи, ЕЭС России	Литий-ионные (литий-никель-марганец-кобальтатные)	1500 кВА / 2500 кВт·ч	ИБП, регулирование частоты, компенсация пиковой мощности	2013 г.
7	ПС «Волхов-Северная», г. Санкт-Петербург, ЕЭС России	Литий-ионные (литий-никель-марганец-кобальтатные)	1500 кВА / 2500 кВт·ч	Параллельная работа с газотурбинной установкой для компенсации пиковой мощности, выравнивания графика нагрузки, регулирования частоты	2014 г.
8	ПС «Восход», г. Омск, ЕЭС России	Литий-ионные (литий-никель-марганец-кобальтатные)	1200 кВА / 1000 кВт·ч	ИБП	2014 г.
9	Зарядная станция для электромобилей, г. Рязань, ЕЭС России	Литий-ионные (литий-железо-фосфатные)	22 кВА / 100 кВт·ч	СНЭ для зарядной станции электромобилей	2016 г.
10	Забайкальский край, с. Менза	Литий-ионные (литий-железо-фосфатные)	90 кВА / 300 кВт·ч	Оптимизация работы солнечной электростанции и ДЭС	2017 г.
11	Республика Тыва, п. Мугур-Аксы	Литий-ионные (литий-железо-фосфатные)	400 кВА / 460 кВт·ч	Оптимизация работы солнечной электростанции и ДЭС	2019 г.
12	Республика Тыва, п. Кызыл-Хая	Литий-ионные (литий-железо-фосфатные)	100 кВА / 250 кВт·ч	Оптимизация работы солнечной электростанции и ДЭС	2019 г.

## В России реализовано 6 проектов систем накопления, в том числе три гидроаккумулятора станции. В настоящее время эксплуатируются: Загорская ГАЭС 1, Кубанская ГАЭС и Зеленчукская ГЭС-ГАЭС

редь, повысило рентабельность проектов. Потенциально высокие экономические показатели резко увеличили интерес к тематике, в том числе в России. В настоящее время ряд отечественных предприятий и научных школ проводят активную исследовательскую и производственную деятельность по освоению и внедрению накопителей энергии.

В России реализовано 6 проектов систем накопления [7], в том числе три гидроаккумулятора станции. В настоящее время в России эксплуатируются: Загорская ГАЭС-1, Кубанская ГАЭС и Зеленчукская ГЭС-ГАЭС. В октябре 2019 г. «РусГидро» сообщило о начале работ по выравниванию здания Загорской ГАЭС-2, во время строительства которой в 2013 году произошла осадка здания. Три проекта систем накопления с электрохимическими накопителями: два накопителя на литий-ионных аккумуляторах (мощностью 1,5 МВт каждый) в Санкт-Петербурге и в Сочи, один – на цинк-бромных аккумуляторах (мощностью – 25 кВт) в Москве. Но в базе данных [7] отражена неполная информация о количестве реализованных проектов накопителей энергии в РФ. Актуальная информация представлена в таблице 3.

**Наиболее интенсивно развиваются электрохимические накопители с литий-ионными аккумуляторами, которые за последнее десятилетие подешевели вдвое, что сказалось на их инвестпривлекательности**



Рис. 1. СНЭ мощностью 400 кВА энергоёмкостью 460 кВт·ч в посёлке Мугур-Аксы

В 2019 г. компанией ООО «Системы накопления энергии» и сотрудниками Новосибирского государственного технического университета реализованы два проекта [8]: накопители установлены в составе автономных солнечно-дизельных электростанций в посёлках Мугур-Аксы и Кызыл-Хая (Республика Тыва). Мощности и энергоёмкости накопителей равны 400 кВА / 460 кВт·ч (рис. 1) и 100 кВА / 250 кВт·ч, соответственно.

Кроме того, несколько проектов в нашей стране находятся в процессе реализации. На Кош-Агачской СЭС, работающей в составе ЕЭС России, планируется установка «сетевой» системы энергоёмкостью 584 кВт·ч производства французской компании Saft. На Верхней и Нижней Бурзянских СЭС, также работающих в составе ЕЭС России, проводятся пусконаладочные работы на двух накопителях суммарной мощностью 4000 кВА и энергоёмкостью 8000 кВт·ч отечественного производства (ООО «Литотех-Инновации», ООО «СНЭ») (рис. 2). Завершены испытания накопительных систем мощностью 1200 кВА энергоёмкостью 400 кВт·ч, реализующей алгоритм сглаживания резких изменений мощности нагрузки и предотвращающей отключения газопоршневых установок при резких сбросах и набросах нагрузки [6] (СНЭ разработана и произведена компанией ООО «Системы накопления энергии» и предназначена для энергоцентра, питающего буровые установки на нефтегазовом месторождении).

## Заключение

Мировой рынок систем накопления электроэнергии интенсивно развивается: совершенствуются технологии, накапливается опыт практического применения. Системы позволяют принципиально по-новому решать многие проблемы управления нормальными и аварийными режимами энергосистем. Наиболее интенсивно развиваются электрохимические накопители с литий-ионными аккумуляторными батареями, которые за последнее десятилетие подешевели вдвое, что заметно сказалось на их инвестиционной привлекательности.

Анализ мирового опыта применения систем накопления в электроэнергетике говорит о значительном отставании России от ряда стран, в которых технологии накопления получили практическую реализацию. В современных реалиях наибольший технический и экономический эффект от применения систем накопления в России при достигнутом уровне технологий может быть получен в изолированных энергосистемах с распределённой генерацией, в микроэнергосистемах, в Smart и Micro Grids (в том числе с возобновляемыми источниками энергии), на автономных электростанциях нефтегазового сектора экономики, потребители которых в основном имеют стохастическую резко переменную нагрузку, мощность которой соизмерима с мощностью электростанций. Преобладающая доля выработки электроэнергии на таких электростанциях производится

дизельными, газопоршневыми и газотурбинными установками. Требования к накопителям в этих случаях по мощности и энергоёмкости достаточно невысоки и вполне реализуемы в настоящее время, что даёт возможность накопить опыт их эксплуатации, отработать алгоритмы и законы управления ими. По мере отработки технологии и неизбежном снижении себестоимости систем накопления будут активно востребованы и в «большой» энергетике.

Рис. 2. СНЭ мощностью 2000 кВА энергоёмкостью 4000 кВт·ч на Бурзянской СЭС



## Использованные источники

1. Гибридный накопитель электроэнергии для ЕНЭС на базе аккумуляторов и суперконденсаторов / Бердников Р.Н., Фортвов В.Е., Сон Э.Е., Деньщиков К.К., Жук А.З., Новиков Н.Л., Шакарян Ю.Г. // Энергия Единой сети. 2013, № 2. С. 40–51.
2. Применение систем накопления энергии в России: возможности и барьеры. Экспертно-аналитический отчет / Инфраструктурный центр EnergyNet, Москва, 2019. 158 с.
3. Куликов Ю.А. Накопители электроэнергии – эффективный инструмент управления режимами электроэнергетических систем / Электроэнергетика глазами молодежи – 2018: материалы 9 междунар. молодеж. науч.-техн. конф., Казань, 1–5 окт. 2018 г. в 3 т. – Казань: Казан. гос. энергет. ун-т, 2018. Т. 1. С. 38–43.
4. Бушуев В.В., Лизалек Н.Н., Новиков Н.Л. Динамические свойства энергообъединений. М.: Энергоатомиздат, 1995. 319 с.
5. Energy storage devices for low-frequency oscillations suppression in isolated power systems [Electronic resource] / Baluev D., Kiryanova N., Prankevich G., Zyryanov V. // The 13 International forum on strategic technology (IFOST 2018): proc., Harbin, China, 30 May – 1 June, 2018. – Harbin, 2018. P. 694–698. – 1 flash card (CFP18786-USB). – Title with the label. – ISBN 978-1-5386-5073-8/18.
6. Экспериментальные исследования и испытания совместной работы системы накопления энергии и ДГУ в составе автономной энергосистемы / Зырянов В.М., Кучак С.В., Бачурин П.А., Харитонов С.А., Метальников Д.Г., Гармаш Т.Г., Ворошилов А.Н., Фролов Д.А. // Промышленная энергетика. 2018, № 10. С. 2–10.
7. Global energy storage database. [Электронный ресурс] URL: <http://www.energystorageexchange.org/projects>. (дата обращения: 09.12.2019).
8. Накопительная сила энергии. Тематическое приложение к газете «Коммерсантъ». Среда, 18 сентября 2019 г., № 169.



Комплекс биологических очистных сооружений  
«Биосфера» на Московском НПЗ

Источник: oilandgasrefining.ru

УДК 661.17

# Нефтедержащие отходы как полезный ресурс

## Oil-containing waste as a useful resource

Станислав Васильевич МЕЩЕРЯКОВ  
Заведующий кафедрой промышленной  
экологии РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина, д. т. н., профессор  
e-mail: mescheriakov.s@gubkin.ru

Иван Сергеевич ЕРЕМИН  
Доцент кафедры промышленной экологии  
РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина, к. т. н.  
e-mail: eremin.ivan.s@mail.ru

Stanislav MESCHERIAKOV  
Head of the Department of Industrial Ecology,  
Gubkin University  
e-mail: mescheriakov.s@gubkin.ru

Ivan EREMIN  
Associate professor of the Department  
of Industrial Ecology, Gubkin University  
e-mail: eremin.ivan.s@mail.ru

Аннотация. Энергетика – опора современной цивилизации. Жизнь людей в 21 веке напрямую зависит от промышленных ресурсов, способных производить как электрическую, так и тепловую энергию. В настоящее время разрабатываются новые альтернативные источники энергии, способные заменить нефть и газ. В тоже время, используя эти источники энергии для удовлетворения материальных нужд, мы сталкиваемся с проблемой образования и накопления нефтесодержащих отходов. Данный класс отходов наносит непоправимый вред окружающей среде. Из существующих технологий переработки этих отходов, наиболее эффективными являются термические методы, что приводит к необходимости огромных затрат энергии для утилизации образующихся и накопленных отходов. Мы предлагаем рассмотреть нефтесодержащие отходы с позиции материального ресурса. В работе проведен анализ применяемых и перспективных к внедрению технологий их обезвреживания и утилизации.  
*Ключевые слова:* нефть, нефтепродукты, отходы, переработка, утилизация, сырье, материал, ресурс.

Abstract. Energy is the pillar of modern civilization. The life of people in the 21st century is directly dependent on industrial resources capable of producing both electrical and thermal energy. New alternative energy sources are being developed that can replace oil and gas. At the same time, using these energy sources to satisfy material needs, we are faced with the problem of the formation and accumulation of oily waste. This class of waste causes irreparable damage to the environment. Of the existing technologies for processing this waste, the most effective are thermal methods, which leads to the need for huge energy costs for the disposal of generated and accumulated waste. We propose to consider oily waste from the perspective of material resources. The paper analyzes the technologies used and promising for the implementation of the disposal and disposal of oily waste.  
*Keywords:* oil, oil products, waste, processing, utilization, raw materials, material, resource.



### Вредное воздействие нефтесодержащих отходов вызвано разнообразием химических веществ, обладающих высокой токсичностью и растворимостью

#### Введение

По мере увеличения темпов индустриализации и роста населения нашей планеты, возрастает объем накопления отходов и уменьшается число площадей для их размещения. Данная проблема лежит тяжким бременем на окружающей нас природе и здоровье людей. Поэтому производитель и потребитель несет пря-

мую ответственность за переработку образовавшихся отходов. Для поддержания курса устойчивого развития, человечеству необходимо полностью переосмыслить проблему рационального использования и обращения с отходами.

К основным источникам образования нефтесодержащих отходов относятся нефтедобывающие компании, нефтеперерабатывающие заводы, предприятия по транспортировке и хранению нефтяных, нефтехимических продуктов. Проблема обезвреживания и утилизации нефтяных отходов в последнее время приобрела особую значимость в связи с значительным объемом их образования, накопления и ужесточения законодательства в области охраны окружающей среды. Вредное воздействие этого вида отходов обусловлено большим разнообразием химических веществ, обладающих высокой токсичностью, растворимостью, летучестью, и способностью аккумулироваться в окружающей среде. Накапливаясь, они меняют геохимические, геомеханические и биологические процессы геоэкологической среды.

Решить данную проблему возможно, начав с поиска оптимальных методов и тех-

нологических решений по использованию данных отходов в качестве материально-го ресурса. Это позволит дать нам новые возможности получать товарные продукты из них, а также обеспечит сохранение природы и резко снизит уровень загрязнения окружающей среды. Сложный компонентный состав таких отходов затрудняет выбор способа их переработки и утилизации. Чтобы определить возможные пути решения этой проблемы, нам необходимо изучить их состав, свойства, классификацию объектов переработки.

### Классификация нефтесодержащих отходов

Ранее несколькими авторскими коллективами предпринимались попытки систематизировать информацию и классифицировать нефтесодержащие отходы: Мазловой Е.А. [1], Соколовым Л.И. [2], а также многими другими авторами. Однако данные системы классификаций постоянно обновляются и актуализируются в зависимости от источников, условий их образования, агрегатного состояния и химического состава. Также, структурированная информация содержится в Федеральном классификационном каталоге отходов, однако стоит отметить, что данный классификатор не может на сегодняшний день разрубить «гордиев узел» и решить проблему нако-

### Существует распространенная практика по передаче накопленных отходов перерабатывающим компаниям. После этого компания, образовавшая отход, не будет иметь к ним никакого отношения

пления и утилизации нефтесодержащих отходов. Поэтому мы поставили себе цель классифицировать существующие отходы с позиции перспективного сырья для получения на их основе товарных продуктов.

Существующие отходы можно классифицировать по источнику их образования. Мы отразили данную классификацию в виде схемы, указав основные отходы, которые образуются в конкретном источнике.

Согласно действующему законодательству, отходами производства и потребления являются вещества или предметы, которые образованы в процессе производства или потребления, которые подлежат удалению.

Таким образом, каждый из образованных отходов, перечисленных на рис. 1, требует необходимых мер по удалению, что подразумевает либо утилизацию, либо



Резервуары для хранения нефти  
Источник: stevanovicigor / Depositphotos.com

переработку. Удалять отходы возможно путем их переработки на месте или вывозом на специально подготовленные площадки. Однако, многие компании воспринимают и используют понятие «удаление» буквально. Существует распространенная практика по передаче образованных или накопленных отходов перерабатывающим компаниям. После их передачи, компания, образовавшая отход, не будет иметь к ним никакого отношения, тем самым достигая буквального «удаления» отходов со своих территорий. Последующая судьба образованных отходов компанию уже не интересует. Помимо этого, многие нефтяные компании заявляют загрязненные компоненты природной среды – почвы и природные грунты, как опасные отходы и вынуждены удалять их со своих территорий или платить экологические штрафы. Другим способом решить проблему накопления нефтесодержащих отходов является их переработка на месте с получением коммерческой продукции.

### Методы переработки нефтесодержащих отходов

В связи с неоднородностью нефтесодержащих отходов все известные методы переработки можно разделить на следующие виды [3–6]:

1. Механический метод. Применяются технологии разделения фаз на центрифугах, используются отстойники, шейкеры, гидроциклоны, сгустители, фильтрация

с помощью фильтров высокого давления, вакуумных фильтров, ленточные прессы и шнеки. Использование перечисленных технологий требует больших площадей, емкостей, необходимость смены и регенерации фильтрующих материалов.

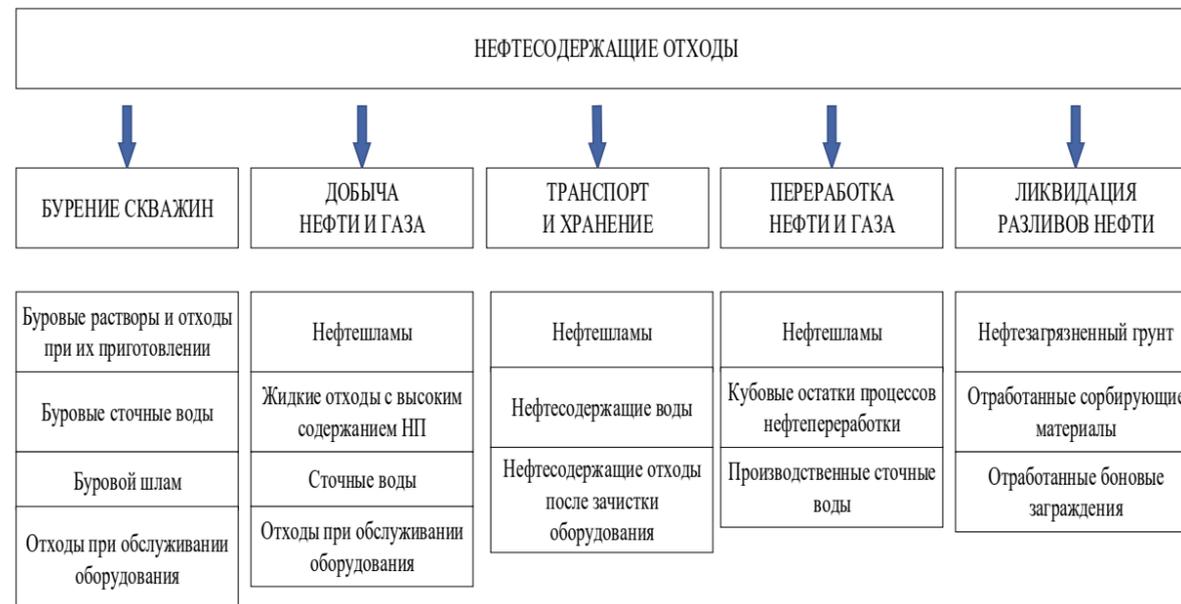
2. Термический метод. Наиболее используемыми видами являются: газификация, пиролиз, сжигание. Данный метод является наиболее простым в технологическом исполнении, однако во время его использования углеводородная составляющая безвозвратно уничтожается, а конечным продуктом будет зола, которая также накапливается и ее необходимо вывезти на полигоны для захоронения. Разогрев печей осуществляется газовыми и жидкотопливными горелками, что сопряжено с существенными затратами на технологическое топливо. Помимо этого, при сжигании наблюдаются большие изменения состава отходящих газов, образующихся в печах, что может говорить нам о значительном содержании вредных и токсичных компонентов. Кроме того, необходимо точно знать

### Переработка нефтесодержащих отходов с созданием коммерческих продуктов может являться новым сектором экономики. Подбор технологий должен соответствовать экологическим требованиям

химический состав отхода и не применять данный метод в случае наличия соединений хлора, фосфора, серы и различных галогенов. Таким образом, использование термического метода требует больших капитальных вложений в сооружения по очистке и нейтрализации отходящих газов.

3. Физико-химический метод применяется не столько для переработки и утилизации нефтесодержащих отходов, сколько для их обезвреживания. Применяют специальные реагенты, изменяющие физико-химические свойства отходов с последующей обработкой на специальном оборудовании. К ним относятся методы коагуляции, флокуляции, флотации, сорбции, экстракции, ионного

Рис. 1. Классификация НСО по типу источника их образования



обмена и другие. К недостаткам данного метода стоит отнести энергоемкость, сложность эксплуатационного оборудования, использование реагентов и веществ для разделения смесей.

4. Химический метод обезвреживания отходов заключается в добавлении к нейтрализуемой массе химических реагентов, которые приводят к осаждению, замещению, комплексообразованию. Закупка и использование химических веществ приводит к существенному возрастанию себестоимости конечного продукта, а также может ускорять износ эксплуатируемого оборудования.

5. Биологический метод. Применяются различные штаммы углеводородокисляющих микроорганизмов. Данный метод

Как видно из рис. 1, НСО образуются на каждом этапе производственных работ. Одними из наиболее распространенных загрязнителей в нефтяной отрасли являются нефтешламы, поэтому большая часть перерабатывающих компаний специализируется именно на данном типе нефтесодержащих отходов. Они могут образовываться в нефтяных амбарах, отстойниках нефтеперерабатывающих заводов, нефтебаз, являются отходами химической и нефтехимической промышленности, включая отработанные масла и смазки.

Сегодня на российском рынке технологий существует ряд компаний, предлагающих различные технологические решения по переработке и утилизации отходов. Но их деятельность направлена на уничтожение



Очистка воды на НПЗ

Источник: 2findlocal.com

характеризуется сравнительно низкими затратами (по сравнению с термическим методом), но отличается длительностью и требует оптимальных условий проведения (определенная температура, влажность, содержание микроэлементов и кислорода), а также специального оборудования. В России производятся и применяют коммерческие биопрепараты для ликвидации углеводородных загрязнений: «путидойл», «родер», «деворойл», «петро трит», «полихлорокс», «сойлекс», «multibac active» и т. д.

и нейтрализацию отходов, что часто приводит к вторичному загрязнению окружающей среды в виде золы, газовых выбросов и стоков. Необходимо модернизировать существующие технологии, которые бы приводили к снижению образования вторичных загрязнителей. В то же время напрашивается вывод о рассмотрении различных отходов как источника материальных ресурсов, а технологии должны быть нацелены на их получение с сохранением экологических требований.

Вид шлама	Коммерческий продукт	Документы
Донные отложения нефтяных резервуаров	Кровельный материал Топливная композиция	Патент № 2176653, Патент № 217566 Патент № 2459862
Донные отложения мазутных резервуаров	Рельсовая смазка Асфальтобетонная смесь	Патент № 2186835 Патент № 2110496, ТУ № 0258–002–10077239–2000 «Материал вяжущий гидрофобный для приготовления асфальтобетонных смесей «Дорма»
Нефтешламы водоочистных сооружений	Смесь для изготовления кирпича Изготовление керамзита	Патент № 2114086 Патент № 2112758, ТУ 21046–10077239.1–2014
Нефтешламы шламонакопителей, замазученный грунт и песок	Способ возведения дорожного основания	Патент № 2179609, ТУ 0258–008–10077239–2003 «Материал вяжущий из нефтешламов шламонакопителей «Дерех» для возведения дорожных оснований дорог III–V категории
Отработанная керосино-дизельная щелочь (концентрат нафтената натрия)	Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов	Патент № 2201955, ТУ 0258–003–10077239 «Жидкость смазочно-охлаждающая концентрированная «СИХА»

Таблица 1. Перечень эффективных технологий переработки НСО с получением товарного продукта [8–11]

Поэтому, переработка нефтесодержащих отходов с созданием коммерческих продуктов может являться новым экологическим сектором экономики. А подбор технологий, направленный на желаемый конечный результат, должен соответствовать всем экологическим требованиям и концепции наилучших доступных технологий (далее – НДТ).

При выборе и внедрении НДТ необходимо учитывать критерии технической возможности применения той или иной технологии, влияние на окружающую среду и экономические затраты на их реализации [7]. При переработке отходов не должно происходить вторичного загрязнения окружающей среды.

Нами были выделены несколько перспективных технологий, способных перерабатывать нефтяные отходы в коммерческие материалы, которые имеют спрос на российском рынке. Направления переработки приведены в таблице 1.

Перечисленные технологии успешно внедрены на нескольких российских предприятиях Южного федерального округа. Например, на базе предприятия ООО «СНТ-МП «ЭЗИП» г. Краснодар была получена смазочно-охлаждающая жидкость для токарных станков из отработанной керосино-дизельной щелочи (Патент № 2201955). На базе предприятия было переработано около 1200 т нефтесодержащих отходов. Полученный продукт обладает антикоррозионными свойствами и низким пенообразованием. Смазочный материал используется при износе инструментов для обработки металлов.

Эксплуатация резервуаров товарной нефти в течение длительного времени приводит к образованию донных отложений и осадков, которые уменьшают полезный объем резервуара и не дают возможность точно оценить фактическое количество товарной нефти. Однако, данный вид отходов может оказаться весьма полезным при правильном выборе технологии переработки. Из донных отложений нефтяных

**Спектр строительных материалов из нефтесодержащих отходов весьма обширный, например на основе нефтешламов водоочистных сооружений возможно получать строительный кирпич и керамзит**

## Мы не знаем четких объемов нефтесодержащих отходов, а их переработка требует качественной и количественной инвентаризации. Данная проблема уже рассматривается на государственном уровне

резервуаров получен гидроизоляционный материал, который представляет собой смесь нефтешлама, и керамзитовой пыли (Патент № 2176653, Патент № 217566). Полученный продукт по качеству (водопоглощение, хрупкость, теплостойкость) соответствует требованиям к кровельному материалу компании Бикрост «ТЕХНОНИКОЛЬ». С помощью данного способа было переработано около 200 т отходов. Еще одним способом переработки донных отложений нефтяных резервуаров является получение на их основе топливной композиции для котельных. Топливная композиция получена путем смешения донных отложений нефтяных резервуаров, мазута М100, предварительно нагретых до 80–95°C и стабилизатора. С помощью данного способа было переработано около 1500 т, а полученный состав топливной композиции был внедрен на предприятии ДОО «Электрогаз».

Еще одним типом нефтешлама являются донные отложения мазутных резервуаров. Технология их переработки запатентована (Патент № 2186835) и позволяет получать на их основе рельсовую смазку, которая служит для снижения износа поверхности рельс и гребней колесных пар. Полученная смазка была внедрена в использование ассоциацией производителей биотоплива «Институт биотоплива» и использована при смазке железнодорожных и трамвайных стрелочных переводов. Также донные отложения мазутных резервуаров могут служить компонентом битума при изготовлении асфальтобетонных покрытий автодорог.

Спектр получаемых строительных материалов весьма обширный, например на основе нефтешламов водоочистных сооружений возможно получать строительный кирпич и керамзит (Патент № 2114086,

№ 2112758). Технология их получения была внедрена на комбинате строительных материалов «Энемский» в Адыгее. Переработано данным способом около 47 тысяч т шламов.

На основе нефтешлама и замазученных грунтов возможно получать вяжущий материал для возведения дорожного основания с высокой прочностью (№ 2179609). Переработано данным способом около 500 т шламов. Полученный материал был использован при строительстве дорожной площадки в рамках гаражного строительного кооператива № 37 площадью 1100 м<sup>2</sup> в Краснодаре.

Перечисленные способы переработки нефтяных отходов на месте их образования являются перспективным направлением и требуют широкого внедрения на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли.

В тоже время до сих пор мы не знаем четких объемов этих видов отходов, а вовлечение их в такой вид переработки требует качественной и количественной инвентаризации. Данная проблема рассматривается сегодня на государственном уровне и для ее решения в рамках работы научно-технического совета Росприроднадзора была создана рабочая группа по координации и проведению этого вида работ.

В перечень работ группы входят вопросы, связанные с разработкой оптимального алгоритма проведения инвентаризации



Утилизация бурового шлама  
Источник: *utilit.ru*

нефтесодержащих отходов в конкретном регионе. В настоящее время для отработки алгоритма инвентаризации рассматриваются объекты в Астраханской области, содержащие различные виды нефтяных отходов. Компании, участвующие в инвентаризации загрязненных территорий «пилотного региона», должны иметь соответствующие компетенции в сфере экологии, инженерных изысканий, проведении работ по оценке экологического вреда. Только после получения реальных данных о состоянии объектов, будет возможно составить полную картину экологической обстановки региона и приступить к выбору оптимальных технических решений для переработки отходов. А в рамках принятой концепции «отход – источник материальных ресурсов» можно подбирать оптимальные технологические решения, ориентированные на переработку, а не на уничтожение нефтяных ресурсов.

Получение новых коммерческих продуктов из нефтяных отходов позволит целесообразно и экономически выгодно обеспечивать работу нефтегазовых компаний и региональных предприятий, за счет снижения или отсутствия платы за размещение нефтесодержащих отходов, а также от продажи или использования продуктов их переработки.



Очистка резервуара для хранения нефти  
Источник: *markaz-cleaning.blogspot.com*

## Заключение

Мы считаем, что в концепции устойчивого развития ключевую роль для всего человечества будет играть рациональное использование нефтесодержащих отходов с получением материальных благ и снижение антропогенной нагрузки на объекты окружающей среды. Необходимо провести комплексную инвентаризацию и перевести часть нефтесодержащих отходов в класс материальных ресурсов, что ускорит процессы рациональной переработки НСО.

## Использованные источники

1. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2001. 56 с.
2. Переработка и утилизация нефтесодержащих отходов: Монография / Соколов Л.И., – 2-е изд., испр. и доп. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 160 с.
3. Литвинова Т.А. Современные способы обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов для ликвидации загрязнения окружающей среды // Научный журнал КубГАУ 2016, № 123(09). С. 1–15.
4. Жаров О.А. Современные методы переработки нефтешламов / О.А. Жаров, В.Л. Лавров // Экология производства. 2004, № 5. С. 43–51.
5. Бакастова Н.В. Решение проблем по переработке нефтешламов методом центробежной сепарации / Н.В. Бакастова // Экологическая и промышленная безопасность. 2005, № 3. С. 36–37.
6. Бахонина Е.И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов. Сообщение 1. Термические методы утилизации и обезвреживания углеводородсодержащих отходов // Башкирский химический журнал. 2015. Т. 22. № 1. С. 20–29.
7. Кобцева Н.Ю. Экологическое нормирование. Наилучшие доступные технологии (НДТ) // Успехи в химии и химической технологии. 2011, № 10. С. 52–57.
8. Шпербер Е.Р. Использование донных отложений нефтяных резервуаров как компонента топливной композиции // Чертез К.Л., Шпербер Д.Р. Вестник РАЕН, 2017. Т. 17. № 5. С. 80–84.
9. Шпербер Е.Р. Технология приготовления котельного топлива с использованием нефтяного шлама // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011, № 3. С. 35–38.
10. Боковикова Т.Н. Гидроизоляционный кровельный материал / Т.Н. Боковикова, Е.Р. Шпербер, Д.Р. Шпербер // Нефтепереработка и нефтехимия. 2012, № 6. С. 40–42.
11. Чан Т.Л.А. Разработка способов обезвреживания нефтесодержащих отходов в условиях Предкавказья / Чан Тхи Лонг Ан, Мещеряков С.В., Сидоренко Д.О., Сурикова Ж.В., Имамбетова А.К. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2017, № 4. С. 39–42.
12. Чан, Т.Л.А. Перспективы использования продуктов переработки нефтяных шламов НПЗ «Зунг Куат» (Вьетнам) в дорожном строительстве / Чан Тхи Лонг Ан, Мещеряков С.В., Сидоренко Д.О., Сурикова Ж.В., Нго Тхю Фьонг // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2019, № 2. С. 18–21.



## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА



## НАШИ ПАРТНЕРЫ

### ПОДПИСКА ОТКРЫТА!

Журнал «Энергетическая политика» принял участие в подписной кампании 2020 года. Оформить подписку можно во всех почтовых отделениях Российской Федерации по каталогу агентства Роспечать «Газеты и журналы». Подписной индекс: 88732. Стоимость подписки на полугодие (6 номеров) составит 10 200 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)

 ПАО СИБУР

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

 АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**ЗАРУБЕЖНЕФТЬ**

  
**ИНТЕР  
РАО ЕЭС**  
энергия без границ

 **РОССЕТИ**  
ФСК ЕЭС

 **СУЭК**  
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

 БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД  
**TATNEFT**



2409-5516  
ISSN 2409-5516