

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ОБЩЕСТВЕННО-ДЕЛОВОЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№3(181), март 2023



Российская
Энергетическая
Неделя **2023**

ISSN 2409-5516
РГАСХТИ 44.09.29



Тема номера

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОТРАСЛИ
И ВАРИАНТЫ АДАПТАЦИИ К НОВЫМ УСЛОВИЯМ**

 **Российская
Энергетическая
Неделя 2023**

 **РОСКОНГРЕСС**
Пространство доверия



Лучшее создается вместе

Весь спектр банковских услуг

карты вклады счета кредиты

услуги для юр. лиц страхование

ипотека рефинансирование

gazprombank.ru

Банк ГПБ (АО). Ген. лицензия ЦБ РФ № 354. Реклама.

11–13 октября
Москва,
ЦВЗ «Манеж»

rusenergyweek.com

Реклама 6+

Содержание

5 Слово редакторов

Нефть

- 6 **Р. Афлятунов.** Уникальные месторождения – уникальные технологии
- 12 **Г. Паршикова, А. Перфильев, А. Прокопенко, А. Силаев.** Моделирование последствий дисконта цен на нефть и его влияние на инвестиционную функцию добычи

Уголь

- 24 **Л. Такайшвили.** Уголь восточных регионов России в топливоснабжении электростанций

Климат

- 36 **Е. Гашо, С. Белобородов.** Анализ корректности сравнения показателей выбросов парниковых газов в энергосистемах ЕС и РФ

Энергетика

- 52 **С. Гужов.** Применение моделей предиктивного анализа процессов энергопотребления на примере зданий типовой застройки Москвы

Энергопереход

- 62 **В. Дзедик, И. Усачева, А. Моткова.** Анализ эффективности применения накопителей энергии в различных типах электроэнергетических систем

Регионы

- 70 **А. Мастепанов.** Роль природного газа в энергетическом переходе Африки

Право

- 76 **Е. Третьякова.** Правовой статус пользователя недр как особого участника предпринимательской деятельности



Contents

5 Editor's Column

Oil

- 6 **R. Aflyatunov.** Unique deposits – unique technologies
- 12 **G. Parshikova, A. Perfiliev, A. Prokopenko, A. Silaev.** Modeling the consequences of the oil price discount and its impact on the investment function of production

Coal

- 24 **L. Takaishvili.** Coal from the Eastern regions of Russia in the fuel supply of power plant

Climate

- 36 **E. Gasho, S. Beloborodov.** Analysis of the correctness of comparison of indicators of greenhouse gas emissions in the energy systems of the EU and the Russian Federation

Energy

- 52 **S. Guzhov.** Application of models of predictive analysis of energy consumption processes on the example of standard buildings in Moscow

Energy transition

- 62 **V. Dziedik, I. Usacheva, A. Motkova.** Analysis of the efficiency of energy storage in various types of electric power systems

Region

- 70 **A. Mastepanov.** The role of natural gas in Africa's Energy Transition

Right

- 76 **E. Tretyakova.** Legal status of a subsoil user as a special participant in business activities

УЧРЕДИТЕЛЬ

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

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

ФГБУ «РЭА» Министерства энергетики Российской Федерации

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

В. В. Бушуев – д. т. н., проф., г. н. с. ОИВТ РАН
Е. О. Адамов – д. т. н., науч. рук. АО «НИКИЭТ»
В. М. Батенин – член-корр. РАН, д. т. н., проф.
П. П. Безруких – д. т. н., проф. НИУ МЭИ
В. И. Богоявленский – член-корр. РАН, д. т. н., проф., г. н. с. ИПНГ РАН
А. И. Громов – к. г. н., гл. директор по энергетическому направлению Фонда «ИЭФ»
А. Н. Дмитриевский – акад. РАН, д. г.-м. н., научный руководитель ИПНГ РАН
С. А. Добролюбов – акад. РАН, д. г. н., проф., декан географического факультета МГУ

О. В. Жданев – к. ф.-м. н., зам. ген. директора ФГБУ «РЭА» Минэнерго России
В. М. Зайченко – д. т. н., проф., г. н. с. ОИВТ РАН
М. Ч. Залиханов – акад. РАН, д. г. н., проф., зав. ЦГИЧС КБГУ
В. М. Капустин – д. т. н., проф., зав. кафедрой РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина
В. А. Крюков – акад. РАН, д. э. н., директор ИЭОПП СО РАН
А. И. Кулапин – д. х. н., ген. директор ФГБУ «РЭА» Минэнерго России
В. Г. Мартынов – к. г.-м. н., д. э. н., проф., ректор РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина
А. М. Мастепанов – акад. РАН, д. э. н., г. н. с. АЦЭПБ ИПНГ РАН

Н. Л. Новиков – д. т. н., проф., зам. науч. рук. АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
В. И. Рачков – член-корр. РАН, д. т. н., проф.
П. Ю. Сорокин – первый зам. министра энергетики РФ
Д. А. Соловьев – к. ф.-м. н., научный сотрудник Института океанологии РАН
В. А. Стеников – акад. РАН, д. т. н., проф., директор ИСЭ им. Мелентьева СО РАН
Е. А. Телегина – член-корр. РАН, д. э. н., проф., декан фак-та РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина
С. П. Филиппов – акад. РАН, д. т. н., директор ИНЭИ РАН
А. Б. Яновский – д. э. н., к. т. н., помощник руководителя администрации президента РФ

Главный редактор
Анна Горшкова

Научный редактор
Виталий Бушуев

Зам. главного редактора по продвижению
Виолетта Локтева

Корректор
Роман Павловский

Фотограф
Иван Федоренко

Дизайн и верстка
Роман Павловский

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

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

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

Журнал «Энергетическая политика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК

При перепечатке ссылка на издание обязательна

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

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов

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

Тираж 1000 экземпляров
Периодичность выхода 12 раз в год
Цена свободная

Отпечатано в ООО «КОНСТАНТА», 308519, Белгородская область, Белгородский р-н, п. Северный, ул. Березовая, 1/12
E-mail: info@konstanta-print.ru

Подписано в печать: 05.03.2023

16+

БИРЖЕВОЙ ТОВАРНЫЙ РЫНОК '23

Форум состоится **29 марта**
и пройдет в офлайн-формате в Москве,
в Конгресс-центре Double Space.

Спикерами Форума традиционно станут
руководители ключевых министерств и ведомств:
ФАС России, Банка России, Минэнерго России,
Минприроды, Федерального Собрания Российской
Федерации, региональных органов власти,
российских и зарубежных компаний-участников
торгов.

Участники Форума обсудят итоги и перспективы
развития биржевых рынков:

- нефти и нефтепродуктов;
- природного газа;
- лесоматериалов;
- углеродных единиц;
- новых товарных рынков
и срочного рынка.

Регистрация на сайте Форума:

<https://spimex.com/forum/>

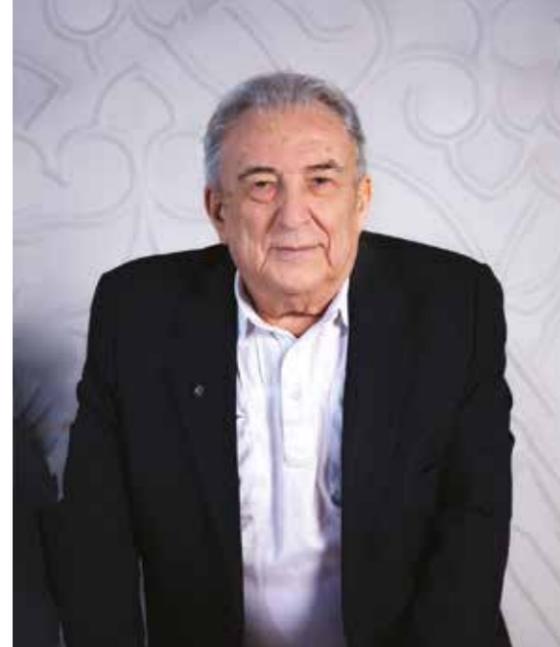


Генеральный партнер

Присоединяйтесь
к нам в соцсетях!



ДО ВСТРЕЧИ НА ГЛАВНОМ
БИРЖЕВОМ МЕРОПРИЯТИИ
ДЛЯ ТОВАРНЫХ РЫНКОВ!



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



Анна ГОРШКОВА
Главный редактор журнала
«Энергетическая политика»

Новая политика влияний и адаптации

Российская экономика адаптируется к жизни в условиях санкций со стороны Евросоюза и США. Компании начинают постепенно бороться за новые рынки сбыта, искать собственные технологические ниши и осваивать новые линейки продуктов. На первое место уже начинают выходить не проблемы выживания, а планы дальнейшего развития и продвижения вперед в новых экономических условиях. Принципиальными становятся вопросы поиска новых источников инвестиций и эффективного вложения средств.

Государство же начинает постепенно искать новые сферы политического и экономического влияния, укреплять отношения с давними союзниками и бороться за новых партнеров. На фоне очередной волны охлаждения отношений США и Китая, Москву с официальным трехдневным визитом посетил вновь переизбранный

председатель КНР Си Цзиньпин. Это само по себе стало знаковым событием на мировой политической арене. Кроме того, визит китайского лидера предоставил России возможности закрепить основы торгово-экономического сотрудничества, подтвердив приоритетность рынка Поднебесной для сбыта российских энергоресурсов.

Не менее важным политическим и экономическим шагом стало объявление о добровольном сокращении добычи нефти на 500 тыс. баррелей в сутки до конца июня. Данное заявление при молчаливой поддержке стран ОПЕК+ не вызвало панику или хаотичного ажиотажа на рынке. Скорее оно стало сдержанной политической реакцией на незаконные и односторонние санкции, а также доказательством устойчивости российской нефтяной промышленности перед мировой искусственно меняющейся конъюнктурой рынка.



Ринат АФЛЯТУНОВ

Главный геолог ПАО «Татнефть»

DOI 10.46920/2409-5516_2023_3181_6

EDN: GOGAJL

Уникальные месторождения – уникальные технологии

В текущих непростых для рынка нефти условиях, «Татнефть» активно внедряет собственные промышленно-технологические разработки в области повышения нефтеотдачи на уже действующих месторождениях, а также в сфере увеличения эффективности освоения новых запасов сверхвязких нефтей. Как продвигается данная работа, рассказал в интервью журналу «Энергетическая политика» главный геолог «Татнефти» Ринат Афлятунов.



новых и усовершенствованных технологий для увеличения добычи нефти из традиционных коллекторов.

Среди них такие, как комплекс технологий протяженного воздействия на пласт, направленный на увеличение охвата пластов заводнением; а также комплекс технологий локального воздействия на пласт, направленный на выравнивание профиля приемистости нагнетательных скважин. Здесь применяются биополимеры, ПАВ-полимерные композиции и эмульсии. Использовался и комплекс технологий воздействия на призабойную зону скважины, так называемые технологии ограничения притока воды в добывающие скважины за счет геля на основе полимеров, синтетических смол и гидрофобных эмульсий.

По оценке Miller&Lents, доказанные запасы нефти Группы «Татнефть» на конец 2021 г. составляют 807,8 млн т, срок разработки – 2096 г.

– Каким объемом доказанных запасов нефти и газа на текущий момент обладает «Татнефть»? Достаточно ли данных запасов, чтобы чувствовать себя уверенно на рынке?

– По оценке независимой консалтинговой компании «Miller and Lents» доказанные запасы нефти Группы «Татнефть» на конец 2021 г. составляют 807,8 млн т, срок разработки которых – 2096 г.

– Есть ли потенциал прироста запасов по результатам доразведки и добычи нефти у традиционных месторождений «Татнефти», в частности, Ромашкинского? Если да, то какой и за счет внедрения каких технологий?

– В 2022 г. по кыновско-пашийским отложениям Ромашкинского месторождения был получен прирост извлекаемых запасов нефти, обеспечивающий разработку месторождения до 2130 г.

Для дальнейшей разработки Ромашкинского месторождения планируется применять как уже известные, опробованные технологии и методы увеличения нефтеотдачи (химические и физические), так и новые, перспективные, находящиеся на стадии опытно-промышленных работ. Кроме того, мы планируем активно применять инновационные технологии разработки.

– Какие методы увеличения нефтеотдачи оказались наиболее успешными? Какой эффект был получен за счет внедрения данных методов?

– В начале 2000-х гг. в компании было принято решение о последовательном переходе на разработку и внедрение собственных технологий увеличения нефтеизвлечения и ограничения притока воды. Для этого были разработаны комплексы

Отдельные технико-технологические решения применялись для разработки запасов сверхвязких нефтей в Татарстане. Они основаны на использовании технологии закачки пара с применением горизонтальных технологий, растворителей, термогелевых, эмульсионных и кислотных составов, что в совокупности оказывает синергетический эффект – ускоряется освоение скважин, кратно увеличивается дебит нефти, снижаются энергетические затраты – обводненность и паронефтяное отношение, увеличивается межремонтный период работы скважин.

При этом компания для этих технологий разрабатывала и успешно внедряла новые химические композиции. Пилотным полигоном по отработке инновационных технологий стали месторождения сверхвязких нефтей. Разработанные технологии успешно применялись и применяются на месторождениях различных нефтедобывающих компаний, не только «Татнефти».

– Компания недавно сообщила, что уже запатентовала более 200 методов увеличения нефтеотдачи и интенсификации добычи. В результате, какие из них успешно масштабированы на всю отрасль? Какие технологии компания сама считает наиболее успешными?

– Например, специалистами компании в сотрудничестве с ведущими научными экспертами был создан симулятор для инженерного проектирования кислотных обработок и кислотного гидроразрыва пласта, функционально превосходящий существующие аналоги.

Симулятор содержит современные математические модели, что позволяет производить более точные многовариантные инженерные расчеты. Он включает в себя цифровую библиотеку химических реагентов, адаптированную под разные

В 2022 г. по кыновско-пашийским отложениям Ромашкинского месторождения был получен прирост извлекаемых запасов нефти, обеспечивающий разработку этого месторождения до 2130 г.



Лаборатория «Татнефти»
Источник: «Татнефть»

геолого-физические условия, а также функционал по выбору оптимальных режимов воздействия на пласты. Сейчас этот симулятор используют ряд ведущих сервисных компаний.

Для вовлечения в активную разработку заглинизированных и некондиционных коллекторов активно применяются методы бурения горизонтальных скважин с многостадийным ГРП. «Татнефть» первая из отечественных ВИНКов апробировала технологию многостадийного ГРП по методу «Plug&Perf». Высокотехнологичный процесс проведен с использованием каротажной партии с комбинированными перфорационными системами, растворимыми элементами перекрытия портов – композитными шарами и флотом ГРП.

Это позволило максимально ускорить сроки проведения ГРП, исключить кольматацию призабойной зоны, существенно снизить стоимость подготовительных работ для проведения последующих стадий ГРП. Данная технология получила распространение и в других нефтяных компаниях, в первую очередь занимающихся разработкой трудноизвлекаемых запасов.

В компании успешно тиражируются собственные технологии кислотных обработок для наибольшего охвата пластов, находящихся в сложных геолого-физических условиях. Такие технологии, как динамические матричные кислотные обработки, позволяют достичь максимально эффек-

тивного результата за счет формирования оптимальной сети «древовидных» каналов растворения. Селективные и термопенокислотные обработки, позволяющие увеличить глубину и равномерность воздействия в неоднородных коллекторах.

Активно применяются разработанные в «Татнефти» уникальные технологии многостадийных ГРП в карбонатных коллекторах с возможностью мониторинга процесса в режиме реального времени. Данная технология позволяет выявлять в онлайн-режиме перетоки между портами, определять интерференцию трещин ГРП, в том числе, в удаленной зоне пласта для расчета оптимального расстояния между стадиями с возможностью корректировки режима обработок непосредственно при закачке.

Также активное применение нашли технологии ГРП в заглинизированных и некондиционных коллекторах с использованием более «чистых» жидкостей разрыва, обеспечивающих большую проводимость трещин в сравнении с традиционными рецептурами.

– Несколько лет назад компания заявила, что будет постепенно переходить на стеклопластиковые трубы при освоении месторождений. Удалось ли заменить все

Отдельные технологические решения применялись для разработки запасов сверхвязких нефтей в Татарстане. Они основаны на методах закачки пара с применением горизонтальных технологий

межпромысловые трубопроводы на этот вид труб?

– За 2022 г. внедрено 238 км стеклопластиковых трубопроводов. Из них 101 км – это нефтепроводы, 137 км – водоводы. Всего же с момента реализации программы по внедрению стеклопластиковых трубопроводов внедрено 639 км, в том числе 158 км – нефтепроводов, 481 км – водоводов. В планах на 2023 г. внедрить 723 км стеклопластиковых трубопроводов.

Что касается замены всех существующих межпромысловых трубопроводов на стеклопластиковые, то на сегодняшний день данная работа ведется в рамках ка-

«Татнефть разработала» новый ГОСТ для промысловых трубопроводов из стеклопластиковых труб

Источник:
oilgascom.com





Добыча сверхвязкой нефти на Ашальчинском месторождении

Источник: «Татнефть»

питального ремонта и реконструкции трубопроводной системы. За 2022 г. в рамках реконструкции системы ППД было заменено 46 км трубопроводов, а по направлению капитального ремонта – 144,2 км (72,5 км нефтепроводов, 71,7 км водоводов).

– **Как идет работа по созданию Института нефтегазовых технологических инициатив? Насколько эффективно создание такого института, удастся ли создать жизнеспособную систему единых национальных сертификатов, консолидированных заказов и технических заданий, учитывает ли она специфику месторождений и направлений работы компании?**

Активно применяются разработанные в «Татнефти» уникальные технологии многостадийных ГРП в карбонатных коллекторах с возможностью мониторинга процесса в режиме реального времени

– «Татнефть» является соучредителем АНО «ИНТИ». В профильных комитетах института участвуют более 60 экспертов компании. Координатором взаимодействия от «Татнефти» является Центр технологического развития.

Совместно с другими участниками разрабатываем общие для отрасли требования и создаем эффективную систему стандартизации и оценки соответствия посредством объединения и взаимодействия экспертов добывающих и перерабатывающих предприятий, специализированных организаций и научно-исследовательских институтов, ведущих инженеров и производителей оборудования, инжиниринговых компаний и проектных институтов. Совместная работа позволяет более эффективно и быстро развивать и продвигать технологии и оборудование отечественных производителей на внутренних и внешних рынках, благодаря разработке единых стандартов «ИНТИ» и проведению оценки соответствия по ним.

Общими усилиями за 2020–2022 гг. разработано более 100 стандартов, учитывающих специфику нефтяных компаний, сделаны сотни оценок соответствия, проводятся более 10 совместных опытно-промышленных испытаний инновационной импортозамещающей продукции. Рекомендованная база института пополнилась на более чем десятки промышленных продуктов и сотни производственных площадок российской промышленности.

В 2022 г. благодаря специалистам центра был принят на государственном уровне и официально зарегистрирован в Федеральном информационном фонде стандартов ФГБУ «РСТ» первый отраслевой стандарт на передвижные технологические установки подготовки нефти СТО

ИНТИ S.80.1–2022 «Установки передвижные технологические. Промысловый сбор и подготовка нефтегазоводяной смеси».

Как пример эффективного взаимодействия компании и института можно привести кейс по разработке отраслевого стандарта на изолирующие фланцевые соединения (ИФС). Ранее применяемый по данному направлению ГОСТ 25660–83 не был актуализирован и содержал ограничения в части производственной деятельности, препятствующие внедрению стандарта в текущих реалиях для участников отрасли. Новый СТО ИНТИ S.30.5–2022 дополнил использующийся документ современными требованиями к ИФС по техническим параметрам и дал полное представление о технологии и ее эксплуатации, тем самым совершенствуя практикуемый ГОСТ.

Так что площадка АНО «ИНТИ» на сегодняшний день становится необходимым отраслевым инструментом и гарантом качества отечественного оборудования и материалов.

– **«Татнефть» одна из первых российских компании заявила о том, что к 2030 г. она готова снизить интенсивность выбросов парниковых газов на 30 %, а к 2050 г. – стать углеродно-нейтральной. Сохраняются ли эти планы? Какие решения могут для этого применяться?**

– Присоединение к Глобальному договору ООН означает, что компания придержи-

Цепной привод на Ромашкинском месторождении
Источник: ПАО «Татнефть»



живается десяти принципам этого договора в области прав человека, трудовых отношений, окружающей среды, противодействию коррупции и поддерживает 17 целей устойчивого развития, которые в целом направлены на улучшение экономики и качества жизни людей.

Компания реализует цели устойчивого развития с 2015 г., когда они впервые были объявлены ООН. «Татнефть» сразу же приняла их как призыв к действию и приступила к интеграции ЦУР в свою деятельность.

С начала действия программы по переходу на стеклопластиковые трубопроводы внедрено 639 км, в том числе 158 км – нефтепроводов, 481 км – водоводов. В планах на 2023 г. внедрить 723 км

Одним из ключевых драйверов развития энергетической отрасли становится ЦУР 13 «Борьба с изменением климата». Приоритетна она и для «Татнефти». Компания с высокой ответственностью относится к этой теме, поэтому объявленная ранее стратегическая цель на 2050 г. – полная углеродная нейтральность – остается неизменной. Промежуточные целевые показатели предполагают снижение интенсивности выбросов парниковых газов на 30 % к 2030 г.

В этом направлении важнейшей для нас также является ЦУР 15 «Сохранение экосистем суши», включающая мероприятия по лесовосстановлению и лесонасаждению. Ведь деревья обладают высокой поглощающей способностью CO₂. По сохранению баланса природных ресурсов предприятиями «Татнефти» проводится колоссальный объем мероприятий. Для достижения целей в компании сформирован портфель проектов. Основными рычагами декарбонизации являются рост утилизации попутного нефтяного газа, повышение энергоэффективности, лесопосадки, сокращение эмиссий метана, а в долгосрочной перспективе – развитие возобновляемой энергетики, улавливание, использование и захоронение CO₂ (CCUS).

Моделирование последствий дисконта цен на нефть и его влияние на инвестиционную функцию добычи

Modeling the consequences of the oil price discount and its impact on the investment function of production

Галина ПАРШИКОВА
Старший преподаватель кафедры математики и информатики Государственного университета управления
E-mail: galina44@inbox.ru

Galina PARSHIKOVA
Senior lecturer of the Department of Mathematics and Computer of the State University of Management
E-mail: galina44@inbox.ru

Алексей ПЕРФИЛЬЕВ
Заведующий кафедрой математики и информатики Государственного университета управления, к. ф.-м. н., доцент
E-mail: alex0304@mail.ru

Alexey PERFILIEV
Head of the Department of Mathematics and Computer of the State University of Management, Ph.D. of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor
E-mail: alex0304@mail.ru

Анастасия ПРОКОПЕНКО
Главный специалист отдела мониторинга энергетической инфраструктуры Российского энергетического агентства Минэнерго России
E-mail: prokopenko.aap@yandex.ru

Anastasia PROKOPENKO
Main specialist of the Energy infrastructure monitoring Department of the Russian Energy Agency of the Energy Ministry of the Russian Federation
E-mail: prokopenko.aap@yandex.ru

Александр СИЛАЕВ
Доцент кафедры математики и информатики Государственного университета управления, к. э. н., доцент
E-mail: vishmat@mail.ru

Alexander SILAEV
Associate Professor of the Department of Mathematics and Computer of the State University of Management, Ph.D. of Economic Sciences, Associate Professor
E-mail: vishmat@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются особенности интегральной модели структуры инвестиций в нефтедобывающую промышленность, состоящей из взаимно коррелированных блоков, где «главным» является блок, описывающий распределение капиталовложений, осуществленных с инвестиционными лагами, каждый из которых имеет определенную структуру и структурную продолжительность. С позиций экономико-математического анализа описано интегральное ядро, демонстрирующее возможности управления спектром интегрального инвестиционного уравнения для решения проблемы последствий дисконта в нефтедобывающей промышленности.

Ключевые слова: инвестиционная функция, квазипериодическое инвестиционное ядро Фредгольма, спектр интегрального уравнения, краевая задача для дифференциального уравнения.

Abstract. The features of the integral model of the structure of investments in the oil industry, consisting of mutually correlated blocks, where the «main» block is a block describing the distribution of investments made with investment lags, each of which has a certain structure and structural duration, are considered. From the standpoint of economic and mathematical analysis, an integral core is described, demonstrating the possibilities of controlling the spectrum of the integral investment equation to solve the problem of the consequences of a discount in the oil industry.

Keywords: investment function, quasi-periodic Fredholm investment kernel, spectrum of the integral equation, boundary value problem for differential equation.



Задача определения несмещенных и надежных оценок объема инвестиций, гарантирующих прогнозный прирост добычи нефти, аналитически не решена

Одна из ключевых проблем, периодически возникающих в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, заключается в необходимости определить перспективный объем инвестиций в нефтяную промышленность как непрерывную функцию времени с учетом вариации занятых в нефтяной промышленности трудовых ресурсов и вероятностного дисконта при расчетах за поступающую сырую нефть.

Задача определения несмещенных и надежных оценок величины капитальных вложений, гарантирующих прогнозный прирост (а также «прироста прирост»), добычи одной тонны сырой нефти, аналитически не решена. Как правило, для текущих расчетов используются статистические данные о полных и прямых затратах, которые, однако, являются приближенными. В случае неустойчивых систем интегрального управления нефтедобывающей промышленностью, которые возникают последние девять месяцев, они могут привести к непредсказуемым аномальным диспропорциям в ее отдельных секторах и сегментах. Особый интерес представляет факторный анализ динамики полных затрат на добычу нефти по ряду лет (кварталов, месяцев): знание динамики функции затрат позволяет с большей достоверностью судить о тенденциях и перспективах процесса добычи сырой нефти, прогнозировать объем инвестиций, причем в таком ценовом коридоре, который бы не превращал процесс финансирования прочих отраслей экономики региона в неприемлемый для них остаточный, хвостовой финансовый «эшелон». Статистические данные, полученные на основе расчетов по модели межотраслевого баланса, весьма уязвимой из-за недостаточного внимания, которое межотраслевая модель при-

дает фактору времени, подобной информации не предоставляют, поскольку для принятия оптимальных управленческих решений необходимо знать, как изменились реальные затраты на добычу одной тонны < 100 баррелей > сырой нефти за ряд последних лет (месяцев, кварталов).

Задача оценки динамики инвестиционных функций, гарантирующих с высокой вероятностью требуемый прирост добычи сырой нефти для крупного региона, кроме отмеченных обстоятельств, важна и потому, что фактическая полная себестоимость добычи одной тонны нефти, с учетом суммарных амортизационных затрат, незначительно отличается от мировых цен на нефть.

Если год (и более) назад вопрос заключался в том: максимальна ли прибыль России в результате экспорта сырой нефти? Сейчас, в перспективе новой парадигмы направленной оптимально возможного вектора поменялось. Главной задачей стало найти ответ на следующие вопросы:

1. Каковы допустимые границы дисконта, которые может позволить себе экономика Российской Федерации, сохраняя устойчивое развитие при долгосрочных продажах сырой нефти Индии и Китаю?
2. Можно ли установить оптимальный размер и динамику цен при сложившихся территориальных, политических и психологических ограничениях, при которых нефтяная промышленность не будет работать «себе в убыток» и не прибегать к дотациям со стороны Министерства финансов и Центробанка?
3. Какова нижняя граница «мировой цены» на сырую нефть, оправдывающая ее экспорт, и возможно ли

Одна из ключевых проблем, периодически возникающих в нефтедобывающей промышленности, заключается в необходимости определить перспективный объем инвестиций как непрерывную функцию времени



Хохряковское нефтяное месторождение
Источник: gk-ath.ru

- установить функциональную зависимость инфимума цены от перспективного объема добычи сырой нефти?
4. На сколько допустимо (без «обвала» нефтедобывающей отрасли Российской Федерации) снизить ежеквартальную добычу сырой нефти, чтобы, с учетом дисконта, «поддержать» хотя бы на уровне относительной устойчивости цены за одну баррель нефти на компромиссном для дружественных России стран, членов ОПЕК, динамическом уровне? Есть ли реальная функциональная связь между ежеквартальным снижением добычи нефти и дисконтом или лучше продавать нефть, пусть и дешевле, но в полном объеме?

Достоверные ответы на поставленные стратегические вопросы не могут быть получены с помощью вербальных моделей. Апробация моделей распределенного лага капитальных вложений в нефтедобывающую промышленность изложена авторами в работах [2, 3, 7]. Однако во втором и третьем кварталах 2022 г. ситуация на рынке нефти радикально изменилась. Тем не менее по-прежнему первоочередной исследовательской задачей является экономико-экологические разработки математических моделей с учетом дисконта и его распределения (структуры) во времени, вносящих

в квазидециклический процесс «добычи нефти < переработки нефти в нефтепродукты > — продажа сырой нефти и нефтепродуктов в дружественные страны» существенные ограничения, вследствие оценок инвестиционных распределенных лагов, поскольку структура лага есть, по существу, структура дисконта (от момента «осуществления» капитальных вложений в нефтедобывающую и нефтеперерабатывающую промышленности крупных городов и регионов России) и оценки эффективности интегрального эффекта реализованных инвестиций в нефтяную отрасль.

Текущие затраты на добычу, составляющие вторую часть реальных — полных либо приведенных — затрат, следует рассчитывать по упрощенным моделям, например, линейным либо исходя из полиномиальной аппроксимационной модели Ширли Алмон [5]. Основная сложность при осуществлении конкретных расчетов будет связана с несопоставимостью покупательской способности рубля за отдельные годы и невозможностью использования статистических данных (в виду их отсутствия в открытом доступе) динамики цен на нефть и размер дисконта за отдельные месяцы 2022 г., а также в дефиците данных о дефляторе валового национального продукта в силу низкого уровня их надежности.

Кроме того, следует переориентировать систему компьютерных расчетов, существовавшую в у. е. либо в долларах США,

Добыча сверхвязкой нефти
на Ашальчинском месторождении
Источник: «Татнефть»



Особый интерес представляет факторный анализ динамики полных затрат на производство нефти по ряду лет. Это позволяет с большей вероятностью судить о перспективах процесса добычи

как это принято было в предыдущий период, на новую систему расчетов в рублях (или юанях, или рупиях). Нельзя игнорировать и текущие трудности, обусловленные несопоставимостью различных показателей динамической «нефтяной цепочки». Однако авторы убеждены, что сама структура «пионерской» модели инвестиционных лагов (дисконта и его распределения во времени) в нефтяной отрасли и особенно нефтедобыче и последующей нефтепереработке, даже без ее статистического насыщения, представляет несомненный «экспертный» интерес.

Структура инвестиций в нефтедобывающую промышленность состоит из взаимно коррелированных базовых долей, основывающихся на иерархичности отдельных блоков конструируемой интегральной модели. Первая часть денежных вложений — это затраты на геологоразведку, осуществляемые за случайный промежуток времени, оценить который возможно только с помощью построения доверительного интервала. Следует учесть: немалая доля скважин после бурения оказываются «сухими»; например, в США в отдельные годы до 80 % разведочных скважин показывали отсутствие углеводородов в породе. Затраты на проведение подобного «случайного», мало предсказуемого по результатам, бурения не должны включаться в себестоимость сырой нефти, а должны составной частью входить в мультипликативную функцию финансовых рисков, изолированные факторы которой моделируются экспертно подобранными множителями. Для системного решения динамической проблемы «нефть: цена, качество, оптимальная добыча» — подобная стратегия неприемлема.

Основная сложность для расчетов будет связана с несопоставимостью покупательской способности рубля и невозможностью использования статистических данных о размере дисконта в 2022 г.

В современной России нефтеразведку ведут уполномоченные на этот вид деятельности структуры, затраты и налоги, поступающие от которых могут и должны быть учтены: подобные оценки способны, в частности, гарантировать имитационными компьютерными расчетами по математическим моделям нефтеразведки, основанные на знаниях экономической географии Российской Федерации. Авторы полагают, что расходы на геологоразведку должны финансироваться из совокупности денежных средств, образованных от прироста и «прироста прироста» добычи сырой нефти. Трудности финансовой статистики текущих расходов при этом состоят в идентификации начального квартала, с которого следует учитывать затраты на разведку. Исходя из экономической практики и математической статистики, авторы предлагают в лаговых моделях искомым период времени ограничить десятью годами, причем первый год берется за 12 лет до момента начала нефтедобычи, а последний – за два года до начала нефтедобычи. Равный двум годам промежуток является минимально возможным интервалом, учитывающим среднее время (математическое ожидание) освоения месторождения. Принимая сформулированное положение в качестве рабочей гипотезы, авторы далее считают, что прирост добычи и «прирост прироста» добычи сырой нефти обеспечиваются расходами на нефтеразведку за все десять лет, начиная с двенадцатого года и кончая третьим годом от начала нефтедобычи.

Высказанные постулаты предполагают решение двух актуальных задач:

Задача 1. Установить, каким образом расходы на нефтеразведку за детерминированные 10 лет распределяются по всем годам, начиная с первого года до послед-

него, причем имеется в виду непрерывное интегральное распределение.

Задача 2. Определить вероятностную оценку стохастической составляющей, то есть статистически достоверную (и надежную) оценку «инвестиционного лагового хвоста», для которого следует вычислить математическое ожидание и дисперсию, причем синхронно установить, зависят ли эти математические характеристики случайного процесса от времени, и если да, то каков вид этой зависимости (например, с помощью обобщенного метода наименьших квадратов).

Дальнейшая разработка модели должна учитывать, что каждый ее блок имеет собственную структуру, причем «главствующим» блоком является тот, который описывает распределение капиталовложений, осуществленных с инвестиционными лагами, каждый из которых имеет определенную структуру и структурную продолжительность. Следствием сказанного должна явиться временная диаграмма, функционально учитывающая, какая доля денежных средств направляется на нефтеразведку, какая – на промышленное бурение; какая – на эксплуатацию скважин, какая – на логистические издержки, а главное – способность оценить конкретные доли инвестиций на производственную и непроизводственную инфраструктуры, которые зависят от времени и могут подвергаться случайным флуктуациям.

Тагульское месторождение нефти
Источник: *gazoprovod-sila-sibiri.ru*



Ванкорское месторождение нефти
Источник: «Роснефть»

Виртуальные цели (подчас не оправдывающихся впоследствии надежд специалистов) динамики объема и структуры рынка сырой нефти нарастающим образом вступают в противоречие (а порою и в конфликт) с теорией глобального потепления, компетентные сторонники которой объясняют ее влияние на экологию и энергетику, а, следовательно, и на экономику, мощным выбросом углеводородов в атмосферу. Выбросы эти спонтанны и зачастую не поддаются контролю, а, тем более, не устранимы никакими «очистными» мероприятиями. А вот лаги, с которыми выбросы углеводородов способны проявлять присущий им негативный «антиэффект», учесть можно, используя, например, модель геометрического лага, структура которого подчинена закону возрастающей геометрической прогрессии, либо убывающей геометрической прогрессии – для прогнозов благоприятного течения процесса развития нефтяной отрасли.

Анализируя методами математической статистики, – регрессионного и корреляционного анализа, – тренды добычи сырой нефти за последние восемь лет, авторы усматривают определенную квазипериодичность их динамики. Зависимость амплитуды и периода интегральных кривых от времени и влияние экологических сегментов сверх насыщенного присутствия загрязняющих веществ в атмосфере и на почве нуждаются в моделях гармонического

анализа, причем с привлечением аппарата современных математических моделей (суперкомпьютеров и искусственного интеллекта) и методик математического анализа (рядов Фурье и интегралов Фурье), с помощью которых осуществляется преобразование интегральных уравнений Фредгольма в более простые уравнения, доступные для анализа и решения на компьютере.

Ситуация с нефтедобычей настолько вышла из-под контроля, а, следовательно, превратилась в неустойчивую слабоуправляемую систему, что ОПЕК – организация стран-экспортеров нефти – в настоящее время с трудом может влиять на формирование цен и определять стоимость (за 1 баррель) сырой нефти и ее динамику даже на ближайший квартал. В связи с усложнением политической и, следовательно, экономической ситуации, «туманной» экологической обстановкой в регионах добычи сырой нефти, на рынке нефти скачкообразно подорожали логистические услуги. В будущем, они и дальше будут дорожать не только с нарастающей скоростью, но и с положительным ускорением. Следовательно, случайным образом повысились финансовые риски. Для демпфирования функции рисков с математической и практической целями необходимо как можно надежнее «отвести рукава» финансовых рисков от «дельта-функции» и, тем самым, уберечь экологическое, пусть и неустойчивое, равновесие. Чтобы понизить временные лаги и создать «подушку безопасности» в случае будущих дисконтов по доставке оплаченной сырой нефти потребителю, необходимо компьютерное построение комплекса экономико-эколого-математических моделей, «сцементированных» между собой логистической цепочкой: добыча

Структура инвестиций в нефтедобывающую промышленность состоит из взаимно коррелированных базовых долей, основывающихся на иерархичности отдельных блоков конструируемой интегральной модели

→ транспортировка → нефтепереработка → хранение → продажа → установка экологического баланса. Таким образом получается квазипериодический цикл нефтяного процесса, цена каждой «подушки» которого, то есть цена за каждую «единицу безопасности», должна быть оценена.

Материалы и методы

Поскольку нарушение устойчивости любой из экономико-эколого-математических моделей автоматически повышает функцию рисков, снижая уровень надежности управления финансами, то первый блок глобальной системы есть моделирование



Транспортировка нефти
Источник: «Газпром нефть»

блока, описываемого инвестиционным уравнением, которое, по мнению авторов, должно быть интегральным, «опирающимся» на квазипериодическое ядро Фредгольма либо Вольтерра.

Будем называть интегральное ядро квазипериодическим в том и только в том случае, когда область существования ядра как функции многих переменных удается разбить на конечное число подмножеств, на каждом из которых ядро является периодической функцией с различными периодами для каждого из аргументов и на любом из временных интервалов. Авторы убеждены: для целого ряда актуальных задач по экономике и/или экологии интегральные ядра уравнений, во-первых,

содержат распределенный временной лаг, а во-вторых, допускают аппроксимацию, в силу квазипериодичности, полиномами Фурье подходящим образом подобранных степеней, а для перспективного усложнения дел в нефтяной отрасли, – интегралами Фурье.

Авторы считают, что для определения неизвестных параметров эмпирических формул следует применять не традиционный метод наименьших квадратов, а метод наименьших квадратов для обобщенных полиномов Фурье, представляющих собой ортогональную и, при незначительной математической коррекции, ортонормированную (конечную или бесконечную) систему тригонометрических функций. Согласно теореме Фурье, обобщенный полином с коэффициентами Фурье, составленный для заданной непрерывной инвестиционной функции, обладает наименьшим квадратичным интегральным отклонением от искомой функции по сравнению со всеми другими обобщенными полиномами [6]. В силу выполнения условия полноты пространства системы тригонометрических функций со среднеквадратической метрикой известное неравенство Бесселя переходит в равенство Парсеваля, – которое и формализует условие полноты пространства функций с выбранной интегральной метрикой.

Если функцию текущих инвестиций либо функцию добычи сырой нефти удастся задать аналитическим выражением (например, формулой), то параметры ряда Фурье вычисляются по известным формулам Фурье [6].

На начальном этапе экономико-математического анализа рассмотрим инвестиционное уравнение, учитывающее влияние концентрированных лагов. Концентрированный лаг есть аналог концентрированного дисконта. Иными словами, исследуем фиксированный дисконт, выработанный участниками торговой сделки по соглашению, и оценим его последствия для перспективных инвестиционных расчетов в предположении, что дисконт сосредоточен на незначительном промежутке времени. Интегральное уравнение для стандартного полупериода $[0; \pi]$, который линейной заменой преобразуется в полупериод любой иной протяженности, имеет интегральную форму – уравнение Фредгольма второго рода

$$y(x) = \lambda \cdot \int_0^{\pi} H(x, s)y(s)ds + f(x) \quad (1)$$

Параметр $\lambda \neq 0$ трактуется как управляющее воздействие на динамику процесса с целью сокращения полупериода интегрального освоения инвестиций.

Экономически целесообразно рассмотреть частный случай, при котором действие каждого фактора, входящего в интегральное инвестиционное ядро, удается проанализировать по отдельно-



Самотлорское нефтяное месторождение

Источник: vseгда-pomnim.com

сти, «расчлняя» систему на неавтономно существующие подсистемы. Такое интегральное ядро называется вырожденным и имеет вид конечной суммы попарных произведений, каждое слагаемое которой учитывает влияние любого фактора по отдельности:

$$H(x, s) = \sum_{k=1}^n p_k(x)h_k(s) \quad (2)$$

Каждая из выбранных специалистом по динамике нефтяных систем непрерывных функций является линейно независимой системой. Для подобных вырожденных ядер интегральное уравнение Фредгольма второго рода допускает аналитическое решение [6].

Подчеркнем, что процесс факторизации инвестиционного ядра не является полностью формализуемым и производится с учетом влияния различных экономических блоков на интегральный инвестиционный процесс, в том числе и наблюдением за текущей и перспективной экологической обстановкой в регионах добычи сырой нефти.

В случае, когда число λ является собственным значением ядра, неоднородное уравнение (1) в зависимости от экономи-

ческого выбора, основанного на инвестиционных возможностях «подрядчика», имеет бесконечно много решений, но может и вовсе не иметь решений. Получается альтернатива: либо инвестиционных стратегий «великое множество», либо система находится в состоянии, способном скатиться к «дефолту», то есть неустойчива, и инвестиционному стратегу следует таких управляющих параметров избегать.

В случае периодических либо квазипериодических экономических флуктуаций, характер которых приближается к нечетным функциям, вид инвестиционного ядра можно получить, раскладывая его в ряд Фурье по синусам, а в случае четных флуктуаций – в ряд Фурье по косинусам.



Нефтяные месторождения «РН-Юганскнефтегаз»

Источник: znpres.ru

Если экосистема допускает «двойную» периодичность либо квазипериодичность, то на каждом локальном квадрате плоскости аргументов ядра интегрального уравнения инвестиционное ядро представимо двойным рядом Фурье.

При условии корректности аппроксимационного подхода, когда исследователю удалось представить тригонометрическим полиномом $H^{(n)}(x, s)$ исходное интегральное ядро $H(x, s)$, авторы получили оценку вырожденного инвестиционного ядра $H^{(n)}(x, s)$, агрегированный вид которой следующий:

$$\int_0^{\pi} |H(x, s) - H^{(n)}(x, s)|^r ds \leq \varepsilon, \quad (3)$$

Анализируя методами математической статистики – регрессионного и корреляционного анализа – тренды добычи нефти за последние 8 лет, можно увидеть определенную квазипериодичность их динамики

в котором $r = 1$ либо $r = 2$, в зависимости от ситуации, сложившейся в каждом конкретном регионе добычи сырой нефти.

Авторы отмечают, что собственные числа λ интегрального уравнения (1), совокупность которых образует спектр интегрального оператора (экономический смысл спектра раскрыт авторами в работе [4]), фактически являются параметрами управления, варьируя которые, можно добиться оптимизации структуры инвестирования в выделенных заранее секторах нефтедобывающей и/или нефтеперерабатывающей промышленности.

Рассмотрим несколько упрощенную модель, в рамках которой экономическая система, находясь под воздействием периодических внешних воздействий, может быть математически представлена интегральным уравнением Фредгольма второго рода, ядро которого выражается через аргумент сосредоточенного лага либо дисконта. Выбор лица, принимающего решение, в тандеме с системным программистом, заключается в анализе двух вариантов развития и непосредственном отборе минимального запаздывания при освоении инвестиционной стратегии $y(t)$ с учетом «возмущающего» воздействия $f(t)$ на систему с инвестиционным кусочно-непрерывным ядром $H(t, s)$.

Не ограничивая общности и для придания модели конкретного наполнения, исследуем внешнее возмущение, осуществляемое с периодом π и амплитудой, равной 16 (у. е.). Случай, при котором период и/или амплитуда происходящих внешних воздействий на систему управления отличается от выбранных авторами, линейной заменой аргумента – времени t и/или линейной заменой инвестиционной функции $y(t)$ – сводится к рассматриваемому авторами случаю.

Допустим, что ядро интегрального оператора Фредгольма второго рода представимо кусочно-линейной функцией двух аргументов:

$$H(t, s) = \min\{t; s\} = \begin{cases} s, & \text{если } s \in [0; t]; \\ t, & \text{если } s \in (t; \pi], \text{ где } t < \pi. \end{cases} \quad (4)$$

Так бывает, например, когда аргументы t и s сопряжены с двумя альтернативными стратегиями и представляют собой задержки (лаги или дисконты), сопутствующие выбору первой либо второй инвестиционной стратегии соответственно. Интегральное уравнение Фредгольма, отвечающее построенному инвестиционному ядру $H(x, s)$, имеет вид:

$$y(t) - \lambda \cdot \int_0^t s \cdot y(s) ds - \lambda \cdot \int_t^{\pi} t \cdot y(s) ds = 16 \sin 2t, \quad (5)$$

Юрубчено-Тохомское месторождение



Несмотря на нереальность полного «выхолащивания» дисконта, существуют инвестиционные стратегии, способные создать «подушку финансовой безопасности» и демпфировать его негативное влияние

причем ясно, что искомая инвестиционная функция $y(t)$ удовлетворяет начальному условию:

$$y(0) = 0 \quad (6)$$

и, кроме того, условию:

$$\int_t^{\pi} t \cdot y(s) ds = -t \cdot \int_{\pi}^t y(s) ds. \quad (7)$$

После двукратного дифференцирования и упрощения приходим к окончательной форме:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \lambda \cdot y = -64 \sin 2t, \quad (8)$$

Источник: Пресс-служба ВСНК / news.myseldon.com

Виртуальные цели динамики объема и структуры рынка сырой нефти в последнее время нарастающим образом вступают в противоречие, а порою и в конфликт, с теорией глобального потепления

причем, очевидно, что «добавочное» краевое условие

$$\frac{dy}{dt}(\pi) = 32 \cos 2\pi = 32 \quad (9)$$

справедливо для любого параметра $\lambda \in (-\infty; +\infty)$ (по смыслу $\lambda \neq 0$).

Результат

Заметим, что при $\lambda \leq 0$ общее решение ($y_{\infty}(t)$) однородного дифференциального уравнения не является периодической функцией при $|C_1| + |C_2| > 0$ [1]. Поэтому для целей идентификации па-

раметров в системе управления нефтяной отраслью региона и выявления именно периодических флуктуаций, отражающих сезонные колебания инвестиционной стратегии, содержательным является лишь случай, когда параметр управления $\lambda \in (0; +\infty)$. Для нерезонансного случая $\lambda \in (0; 4) \cup (4; +\infty)$ получаем периодическую инвестиционную функцию $\varphi(t) = \frac{64}{4-\lambda} \cdot \sin 2t$. Тогда общее ре-

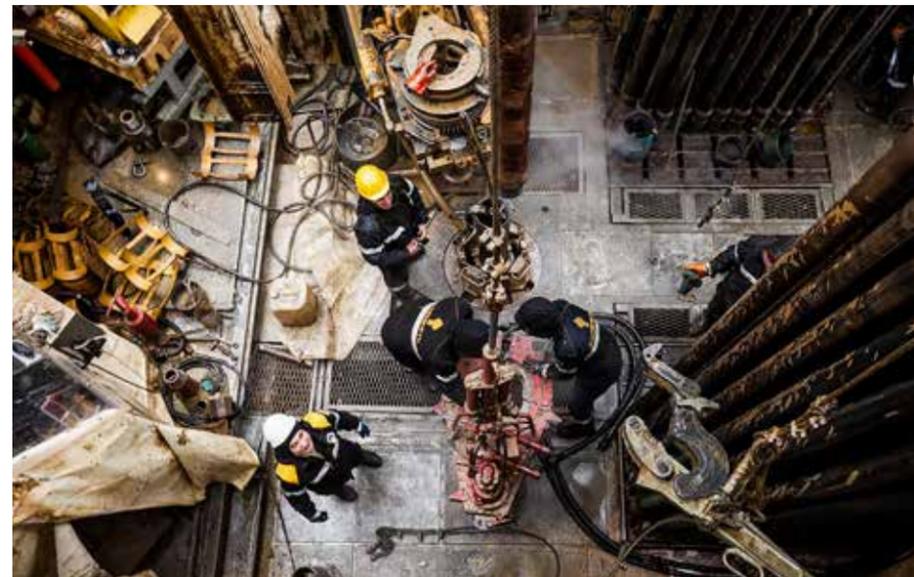
шение уравнения сезонных колебаний нефтедобычи при $\lambda \in (0; 4) \cup (4; +\infty)$ имеет вид:

$$y_{\text{он}}(t) = \Psi(t; C_1; C_2) = C_1 \cdot \sin(\sqrt{\lambda} \cdot t) + C_2 \cdot \cos(\sqrt{\lambda} \cdot t) + \frac{64}{4-\lambda} \sin 2t. \quad (10)$$

Получается, что инвестиционная стратегия в нерезонансном случае, при которой лицо, принимающее решение, может управлять бесконечно многими инвестиционными вариантами, соблюдая лишь условие, ограничивающее множество собственных значений (спектр интегрального оператора), а вместе с ним и спектральные возможности системы управления, выражаются единым соотношением (10).

Куст скважин на Ромашкинском месторождении

Источник: ПАО «Татнефть»



Юрубчено-Тохомское месторождение
Источник: Пресс-служба ВСНК / newslab.ru

При собственном значении $\lambda = 4$ — параметре управления экосистемой, в частном случае при управлении определенным сегментом нефтедобывающей отрасли, решение определено однозначно и имеет вид следующей инвестиционной функции:

$$\Psi(t) = 8 \sin 2t + 16t \cdot \cos 2t = 8 \cdot (2t \cdot \cos 2t + \sin 2t). \quad (11)$$

Это решение (финансовая стратегия) на весьма ограниченных временных интервалах лишь незначительно отличается от квазипериодической функции, в которой мультипликатор вида t отсутствует.

Значительно упрощенный пример интегрального ядра (4), тем не менее, важен: он демонстрирует возможности управления спектром (множеством собственных

значений) интегрального инвестиционно-го уравнения и служит иллюстративным примером замены интегрального уравнения на равносильную краевую задачу для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка, непосредственно следующую из критерия минимизации инвестиционного лага (дисконта) в допустимых реальными условиями пределах.

Заключение

Ясно, однако, что в сложных системах управления подобная редукция инвестиционного ядра не всегда возможна, а минимизация запаздывания (дисконта) и оптимизация структуры инвестиционного лага при освоении капитальных вложений в основные фонды нефтяной промышленности должна сопоставляться с ресурсными возможностями региона или его отдельного сегмента управления. Если лицо, принимающее решение, в совокупности с группой специалистов по информационным системам, стремится к устойчивому финансированию разработок, оптимизирующих инвестиционные нефтяные лаги, причем именно в региональном аспекте, то специалисты должны «разложить» инвестиционное ядро в мультипликативную модель, каждый инвестиционный множитель которого отвечает за свой сегмент управления.

Несмотря на нереальность полного «выхолащивания» временного дисконта, существуют инвестиционные стратегии, применение которых способно создать «подушку финансовой безопасности» и демпфировать негативное влияние дисконта путем корректно выбранной функции управления сегментами нефтяной отрасли, осуществляемого через спектр (параметр λ) лаговой модели.

Использованные источники

1. Амелькин В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях // Изд. стер. М.: ЛЕНАНД, 2021. – 206 с.
2. Паршикова Г.Ю., Перфильев А.А., Силаев А.А. Линейные интегральные уравнения Фредгольма второго рода в приложениях к экономике // Инновации и инвестиции. №9, 2020. С. 162–169.
3. Паршикова Г.Ю., Силаев А.А. Интегрально-лаговые модели экономической динамики // Научно-аналитический журнал «Инновации и инвестиции». №1, 2021. С. 140–144.
4. Паршикова Г.Ю., Перфильев А.А., Силаев А.А. Задача на собственные значения в экономике // Мягкие измерения и вычисления. Том 56. №7, 2022. С. 37–44. DOI: 10.36871/2618-9976.2022.07.003.
5. Силаев А.А. Исследование структуры инвестиционного лага в модели развития экономики города: Учебное пособие / А. А. Силаев, Г. Ю. Паршикова. М.: «Спутник+», 2009. – 75 с.
6. Фихтенгольц Г.М. (2003). Курс дифференциального и интегрального исчисления // М.: Физматлит. Т. 3. – 778 с.
7. Alexander A. Silaev, Mikhail I. Kuternin, Galina Yu. Parshikova, Alexey A. Perilyev (2020). Aspects of Forecasting and Evaluating the Effectiveness of Investments in the System of Management of Oil Production and Refining Industry in the Region // Institute of Scientific Communications Conference ISC 2019: Scientific and Technical Revolution: Yesterday, Today and Tomorrow. Part of the Lecture Notes in Networks and Systems book series (LNNS, volume 129). DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-47945-9_176.

Уголь восточных регионов России в топливоснабжении электростанций

Coal from the Eastern regions of Russia in the fuel supply of power plant

Людмила ТАКАЙШВИЛИ
Старший научный сотрудник, к. т. н.,
Институт систем энергетики им. Л.А.
Мелентьева СО РАН
E-mail: luci@isem.irk.ru

Ludmila TAKAISHVILI
Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences,
Melentiev Energy System Institute Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences
E-mail: luci@isem.irk.ru

Добыча угля, Южный Кузбасс

Источник: ПАО «Мечел»



Аннотация. Статья раскрывает текущее состояние поставок угля восточных регионов на электростанции России. Автор анализирует тенденции поставок угля по направлениям использования. Анализируются факторы, способствующие поддержанию и развитию поставок угля восточных регионов на электростанции: наличие балансовых запасов угля, обеспеченность угольных ТЭЦ отечественным оборудованием и другие факторы. Рассматриваются риски и угрозы сокращения поставок угля восточных регионов на электростанции, в том числе курс на декарбонизацию экономики и импортозависимость угольной промышленности.

Ключевые слова: восточные регионы России, уголь, электростанция, тенденции, балансовые запасы.

Abstract. The article reveals the current state of supplies of coal from the eastern regions to power plants in Russia. The author analyzes the trends in coal supplies by directions of use. The factors contributing to the maintenance and development of supplies of coal from the eastern regions to power plants are analyzed: the presence of balance reserves of coal, the provision of coal-fired thermal power plants with domestic equipment, and other factors. The risks and threats of reducing the supply of coal from the eastern regions to power plants, including the course towards the decarbonization of the economy and the import dependence of the coal industry, are considered.

Keywords: Eastern regions of Russia, coal, power plant, trends, balance reserves.



При реализации угля восточных регионов на электростанциях выявляется, скорее, тенденция колебания поставок, чем тенденция к их сокращению

К восточным регионам России относятся субъекты Российской Федерации в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Уголь восточных регионов поставляется на внутренний и на международный рынок, при росте поставок на международный рынок. Поставки угля из восточных регионов на внутренний и на международный рынок угля вносят вклад в развитие экономики и обеспечение энергетической безопасности как восточных регионов России, так

и страны в целом. Основными потребителями угля восточных регионов на внутреннем рынке являются электростанции, на долю которых в поставках приходится около 70 % от объемов поставок [1,2]. Для восточных регионов угольные электростанции всегда играли важную роль, снабжая электроэнергией и теплом население и промышленность. По данным Росстата, в расходе топлива на производство электроэнергии и тепловой энергии в Дальневосточном федеральном округе доля угля в 2021 г. составила 72 %, а в Сибирском федеральном округе – 59 %. В последние годы существует тенденция сокращения поставок угля на электростанции и доли угольной генерации в России.

В восточных регионах сосредоточены значительные запасы угля – 45 % от балансовых запасов России [3]. Это является основой для наращивания добычи угля, в том числе для производства теплоэнергии и электроэнергии. Доля восточных регионов в объемах добычи и поставок угля в России имеет тенденцию к росту. В 2021 г. она составила 38 % от объемов добычи по России и 51,9 % от объемов поставок. В восточных регионах действуют многочисленные угледобывающие предприятия, играющие градообразующую роль в некоторых субъектах РФ. При сокращении добычи угля, обусловленной в том числе

Показатель	Год							2020–2010
	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Россия, всего, в т. ч.	199,8	174,6	167	169,9	180,5	181,3	164	-35,8
Нужды коксования	38,5	35,2	34,2	31,8	31,6	31,5	34,7	-3,8
Электростанции	95,9	92,1	85,2	87,5	85,8	84,1	73,6	-22,3
Прочие	65,4	47,3	47,6	50,6	63,1	65,7	55,7	-9,7
Восточные регионы, всего, в т. ч.	92,8	89,1	87,1	90,4	95,9	94,4	85,1	-7,6
Нужды коксования	0,1	2,1	2,2	2,6	2,7	2,1	1	0,9
Электростанции	64,6	64,3	60,5	63,1	67,5	68,3	59,4	-5,2
Прочие	28,3	22,7	24,4	24,7	25,7	24,5	24,7	-3,6
Доля восточных регионов								
Нужды коксования	0 %	6 %	6 %	8 %	9 %	7 %	3 %	
Электростанции	67 %	70 %	71 %	72 %	79 %	81 %	81 %	
Прочие	43 %	48 %	51 %	49 %	41 %	37 %	44 %	

Таблица 1. Поставки углей на внутренний рынок России основным потребителям, млн т

Источник: [2]; для восточных регионов вычислено по данным официальной статистики [2]

и курсом на декарбонизацию экономики [4], неизбежны социальные и экономические проблемы, в первую очередь в моногородах. Исследование ретроспективы и существующего состояния поставок позволит выявить факторы, благоприятные для поддержания и развития поставок угля восточных регионов на электростанции и факторы, способствующие сокращению поставок.

Поставки угля восточных регионов на электростанции

Анализ ретроспективы поставок угля (таблица 1) с 2010 по 2020 гг. показывает, что основными потребителями угля в России и угля восточных регионов, в особенности, являются электростанции. При этом существует устойчивая тенденция сокращения (таблица 1) поставок угля на электростанции в целом по России. Это связано с переводом на газ электростанций в европейской части, на Урале и частично на Дальнем Востоке. При реализации угля восточных регионов на электростанциях выявляется, скорее, тенденция колебания поставок, чем тенденция к их сокращению. За период с 2010 до 2020 гг. поставки угля на электростанции в целом по стране сократились на 22,3 млн т (–23 % от объемов поставок 2010 г.), а из восточных регионов на 5 млн т (–8 % соответственно). Доля углей восточных регионов в объемах поставок на электростанции выросла с 67 до 81 %.

Угольные электростанции восточных регионов, действующие в энергосистеме совместно с гидроэлектростанциями, покрывают потребность в электроэнергии при сокращении выработки на ГЭС, связанной с колебанием водности рек. Поставки угля на электростанции подвержены значительным колебаниям из-за:

Угольные электростанции восточных регионов, действующие в энергосистеме совместно с гидроэлектростанциями, покрывают потребность в электроэнергии при сокращении выработки на ГЭС, связанной с колебанием водности рек. Поставки угля на электростанции подвержены значительным колебаниям из-за:

Угольные электростанции восточных регионов, действующие в энергосистеме совместно с ГЭС, покрывают потребность в электроэнергии при сокращении выработки на ГЭС из-за колебаний водности рек

Действующие угольные предприятия, поставляющие сырье на электростанции, имеются во всех восточных регионах, но большинство из них использует свои мощности ниже проектных значений

- большого влияния климатических условий (холодная или теплая зима), так как электростанции работают в режиме когенерации, вырабатывая также и теплоэнергию;
- гидрологических условий (водность рек и водохранилищ – наиболее крупные ГЭС России мощностью свыше 1000 МВт находятся в восточных регионах);
- наличия остатков угля на складах на конец года.

Наблюдалось как сокращение, так и рост поставок из отдельных субъектов РФ по сравнению с 2010 г. Диапазон

изменения поставок на электростанции составил от –8,9 млн т до +4,4 млн т по отношению к предыдущему году. Выросли поставки более качественного угля при сокращении поставок менее качественного, в основном, бурого угля. Сократились поставки на электростанции углей Приморского края (–42 %) и Сахалинской области (–78 %), Красноярского края (–18 %) и Иркутской области (–22 %). Причины сокращения разные: перевод на газ отдельных котлоагрегатов электростанций и ввод в эксплуатацию мини-ТЭЦ на газе (Сахалинская область и Приморский край), сокращение промышленного производства предприятиями потребителями электроэнергии, необходимость вывода из эксплуатации устаревшего оборудования на ТЭЦ, уменьшение медленного, но постоянного удельного расхода условного топлива на выработку электроэнергии, за счет модернизации оборудования, климатические условия (холодная-теплая зима и водность рек). Выросли поставки на электростанции хакасских и тугуйских углей, которые частично заменили менее качественные красноярские. Произошла постепенная замена на Дальнем Востоке привозного угля из Восточной Сибири на местные

Красноярская ТЭЦ

Источник: kislrod.life



При добыче угля в восточных регионах в объеме 153,6 млн т, обеспеченность запасами категорий А+В+С1 энергетического и коксующегося углей в совокупности составляет более 550 лет

угли Хабаровского края и Амурской области. В 2020 г. введена в эксплуатацию новая угольная ТЭЦ в г. Советская Гавань в Хабаровском крае.

От общего объема поставок на электростанции угля восточных регионов от 16 до 19 % отгружено в разные годы за их пределы, в основном, в Кемеровскую и Новосибирскую области, в Алтайский край и, незначительные объемы, в европейскую часть России (около 10 % от суммарных поставок вне восточных регионов). Доля угля восточных регионов от поставок для некоторых электростанций в названных регионах составляет от 29 до 100 %.

На электростанции восточных регионов, кроме своего угля, поставляется также кузнецкий, но его доля в поставках незначительна, и составляет около 2 %.

Факторы поддержания и роста поставок угля восточных регионов на электростанции

К факторам, способствующим поддержанию и развитию потребления угля электростанциями восточных регионов относятся:

- наличие стабильно действующих угледобывающих предприятий;
- отлаженная логистика поставок угля;
- обеспеченность угольных ТЭЦ отечественным оборудованием;
- наличие ресурсов и балансовых запасов энергетического угля;
- широкий спектр качественных характеристик угля;
- наличие благоприятных условий отработки месторождений;

- геополитические условия: импортозависимость газовой энергетики для электростанций больших мощностей.

Действующие угледобывающие предприятия, поставляющие уголь на электростанции, имеются практически во всех восточных регионах. При этом большинство из них использует производственные мощности ниже проектных значений. Поддержанию добычи на этих предприятиях способствует сложившаяся инфраструктура регионов и наличие электростанций, ориентированных на использование в качестве проектного топлива угля восточных регионов для снабжения электроэнергией и теплоэнергией многочисленных потребителей.

Логистика поставок угля включает обработанные схемы транспортировки угля, главным образом, железнодорожным транспортом [5]. Цена угля у потребителя зависит от железнодорожного тарифа на перевозку угля. Поскольку уголь восточных регионов потребляется, в основном, в регионах угледобычи или ближайших к ним, транспортное плечо для поставок минимально, соответственно и транспортная составляющая в цене угля незначительна.

Обеспеченность угольных ТЭЦ отечественным оборудованием создает отсутствие импортозависимости. В России действуют предприятия, производящие

Хабаровская ТЭЦ
Источник: «РусГидро»



Добыча угля
Источник: «СУЭК»

оборудование для угольных электростанций, имеющие международный опыт и компетенцию в области проектирования, изготовления и комплектной поставки оборудования. К ним относятся группы предприятий «ТЯЖМАШ» и «Силовые машины».

Группа предприятий «ТЯЖМАШ» выпускает оборудование для гидро-, тепло-, атомных и угольных электростанций, востребованное в России и поставляемое на экспорт. Оборудование для новых угольных электростанций поставлялось в страны Юго-Восточной Азии, Восточной Европы и Германию [6].

Группа предприятий «Силовые машины», являясь одной из ведущих мировых энергомашиностроительных компаний, производит оборудование не только для гидро-, тепловых, атомных и угольных электростанций, но и для других отраслей промышленности [7]. Оборудование, произведенное на предприятиях группы «Силовые машины» работает в 57 странах мира. Показатели экологичности угольной энергетики имеют тенденцию к постоянному улучшению, благодаря новейшим конструкциям котлов (парогенераторов), оснащенных высокоэффективным пылегазоулавливающим оборудованием. В области угольной энергетики Россия добилась практически мирового лидерства, причем именно эта сфера является наиболее импортозащищенной по обеспечению оборудованием угольных ТЭЦ.

Наличие ресурсов и балансовых запасов энергетического угля достаточно высокого качества является надежной базой снабжения топливом действующих и новых электростанций на длительную перспективу. К ресурсам угля для энергетики относятся также низкокачественные продукты переработки угля на обогатительных фабриках, так называемый промпродукт. Высококачественные продукты переработки коксующегося и энергетического углей (концентраты) предназначены для поставок на экспорт. В последние годы существует устойчивая тенденция роста переработки угля и поставок на экспорт. Соответственно растут объемы производства промпродукта, который поставляется на электростанции, заменяя низкокачественный бурый уголь.

В балансовых запасах угля восточных регионов преобладает энергетический уголь: 79,1 млрд т из 88 млрд т категорий А+В+С1 [3] или 90 % от объемов запасов. При уровнях добычи 2021 г. в восточных регионах 153,6 млн т, обеспеченность запасами категорий А+В+С1 энергетического и коксующегося углей в совокупности (отношение балансовых запасов к добыче) составляет более 550 лет. Обеспеченность запасами только энергетического угля при уровнях добычи 2021 г., без учета производства промпродукта составляет порядка 900 лет. Расчет обеспеченности приблизительный, без учета постановки на баланс перспективных месторождений и возможного выпуска промпродукта.

На балансе действующих предприятий насчитывается 8,35 млрд т промышленных запасов. «Промышленные запасы угля (сланца)» рассчитываются на основе балансовых запасов категорий А + В + С1, учтенных в границах горных отводов шахт и разрезов государственным балансом

Широкий спектр качественных характеристик угля восточных регионов определяет его пригодность не только для нужд энергетики, но и экспорта, коксохимического производства и углехимии



Добыча угля, Кузбасс

Источник: «СУЭК»

полезных ископаемых Российской Федерации» [8]. Обеспеченность предприятий восточных регионов промышленными запасами угля составляет 55 лет. Для сравнения, обеспеченность запасами газа (без выделения промышленных запасов газа предприятий) в России по данным ВР статистики равна 58,6 лет, а угля 407 лет (коксующегося и энергетического в совокупности) [9]. Доля промышленных запасов в балансовых запасах составляет около 10 %. Промышленные запасы фонда действующих и новых предприятий постоянно пополняются при переводе нераспределенного фонда балансовых запасов, который достаточно велик, в распределенный.

Степень изученности балансовых запасов (отношение запасов категорий А+В+С1 к прогнозным ресурсам [10]) низкая, в среднем 10 %. Для разных территорий региона степень изученности колеблется от 0 до 50 % и более. Нарачивания балансовых запасов угля возможно при выполнении соответствующих геологоразведочных работ и постановке прогнозных ресурсов угля на баланс.

Широкий спектр качественных характеристик угля восточных регионов определяет его пригодность не только для нужд энергетики, но и экспорта, коксохимического производства и углехимии и создает

предпосылки для комплексного их использования. Балансовые запасы угля восточных регионов уникальны и включают все существующие марки угля. Уголь является мощным сорбентом, и уголь некоторых месторождений восточных регионов содержит в своем составе редкие металлы и редкоземельные элементы, востребованные на мировом и российском рынке. Отмечено содержание в промышленно значимых концентрациях таких компонентов как германий, ванадий, хром, золото, платина, серебро, титан [11–16]. Это создает предпосылки для комплексного, безотходного использования угля и получения продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Энергетический уголь восточных регионов востребован на международном рынке угля благодаря хорошему качеству. По экспорту угля Россия уступает первенство только Австралии и Индонезии

Обеспеченность восточных регионов запасами только энергетического угля при текущих уровнях добычи, без учета производства промышленных продуктов составляет порядка 900 лет

Уголь восточных регионов обладает, по большей части, хорошим качеством, по содержанию серы, золы и хорошей теплоте сгорания (таблица 2). В каждом регионе имеется несколько месторождений угля, сильно отличающихся по качественным характеристикам. В таблице 2 представлены диапазоны характеристик месторождений угля некоторых регионов, в которых запасы каменного либо бурого угля превышают 1 млрд т. Для нужд энергетики предпочтительное содержание серы составляет менее 1 %, золы –

менее 20 %. Запасы угля с содержанием серы 1 % и выше составляют менее 8 % от объемов запасов. На уголь с высоким содержанием золы приходится менее 10 % от объемов запасов угля, это, в основном, каменный уголь.

Высокая влажность характерна для бурого угля, доля которого в запасах категорий А+В+С1 составляет 77 % от объемов запасов энергетического угля. Для такого угля существуют сложности транспортировки, зимой из-за смерзания, в теплое время из-за склонности к самовозгоранию, поэтому его использование рационально на электростанциях, расположенных в регионах добычи. В большинстве углей отсутствуют или содержатся в допустимых концентрациях токсичные примеси: фосфор, мышьяк, фтор, свинец, ртуть и т. п. [11–13], что очень важно с позиций безопасности их использования для целей энергетики. Энергетический уголь восточных регионов востребован на международном рынке угля благодаря хорошему качеству. По экспорту Россия уступает первенство только Австралии и Индонезии [9], при этом около 90 % в объемах экспорта составляет энергетический уголь, в том числе и бурый [19].

Таблица 2. Характеристика угля восточных регионов России

Источник: [17,18]

Субъект РФ	Балансовые запасы, категорий А+В+С1, млрд т	Качественные характеристики			
		Общая влага W г,%	Зола A d, %	Сера S d%	Низшая теплота сгорания Q г, МДж / кг
Каменный уголь					
Республика Хакасия	5	9,6–14	12,3–15,6	0,5–0,6	22,8–25,2
Республика Тыва	2,8	5	15	0,4	25,4
Красноярский край	3	1–12	13–22	0,5–1,2	18–25
Иркутская область	6	15	34	1,2	16,4
Забайкальский край	1	18	10	0,3	22
Республика Саха (Якутия)	5,2	3–15	14–33	0,1–0,5	24,9–32
Хабаровский край	1,3	8 10	27–33,3	0,2–0,5	18,3–25,4
Бурый уголь					
Красноярский край	44	32–38	6–12	0,3–0,6	13,5–16
Иркутская область	2,1	22–25	15–17	0,6–1,2	18,5–19,2
Республика Бурятия	1,4	24	16,5	0,6	15,8
Забайкальский край	1,9	33	15	0,8	15,5
Республика Саха (Якутия)	4,5	26,5	13	0,2–0,4	15,6
Амурская область	3,5	36,3–52	17–28,4	0,3–0,4	8,23–12,6
Приморский край	2	18–44	17–34	0,5–1	9,8–12,8
Сахалинская область	1,1	17,4	12,7–18,7	0,1–0,4	19,8

Наличие благоприятных условий обработки для большинства месторождений способствует также развитию добычи угля в восточных регионах.

Геополитические условия: импортозависимость газовой энергетики для электростанций больших мощностей способствуют поддержанию позиций угольной энергетики. Импортозависимость газовой энергетики непосредственно связана с геополитическими условиями, ограничивающими возможности импорта оборудования и комплектующих. По данным ГК «РосБизнесКонсалтинг» (РБК) по состоянию на 2019–2020 гг. Россия критически зависима от импорта газовых турбин и компонентов [20]. Более 75 % импорта шло из стран, наложивших санкции на Россию: Чехии, Канады, США, Франции, Великобритании, Швеции, Японии, а также и Украины. Доля импорта в использовании газовых турбин большой мощности (более 100 МВт) и лопаток газовых турбин составляет 100 % [21]. Существует проблема обслуживания действующих в России импортных турбин и большая вероятность не реализации планов ввода новых газовых электростанций и перевода на газ блоков существующих.

Возникла необходимость поиска замены поставок оборудования из ЕС и США и организации производства для импортозамещения. Доля импорта всего востребованного оборудования и комплектующих из Китая, не требующая импортозамещения, составляет менее 10 % [21].

Российские предприятия, выпускающие оборудование для электростанций, могут в перспективе освоить выпуск газовых турбин, но на это требуется время. «Силовые машины» планируют предложить рынку две полностью российские газовые турбины малой мощности: 170 МВт и 65 МВт,

Численность населения в 14 угледобывающих моногородах восточных регионов составляет более 350 тыс. чел. При сокращении добычи угля неизбежны социальные и экономические проблемы



Читинская ТЭС

Источник: wikimapia.org

опытные образцы которых предполагается создать в ближайшие годы.

Факторы, сдерживающие развитие поставок угля восточных регионов на электростанции

Основные риски и угрозы снижения потребления угля электростанциями обусловлены следующими факторами:

- геополитические условия: импортозависимость угольной отрасли;
- курс на декарбонизацию экономики России [4];
- проблемы транспортировки угля;
- проблемы моногородов.

Геополитические условия отражаются на всех факторах, способствующих или сокращающих потребность в поставках угля на электростанции.

Импортозависимость угольной отрасли от использования зарубежного технологического оборудования, может привести к сокращению объемов добычи. В угольной промышленности России существует негативная тенденция, связанная с ростом использования импортного оборудования, машин и механизмов [22–24]. По основным процессам производства соотношения используемого отечественного и импортного горно-шахтного оборудования характеризуется высокой (критической) импортоза-

висимостью (от 60 до почти 100 %), в особенности для открытого способа добычи. Умеренная импортозависимость (от 40 до 60 %) может быть снижена за счет увеличения загрузки мощностей российских машиностроительных заводов и увеличения коэффициента использования имеющегося оборудования [7]. Ведущие страны – импортеры оборудования, используемого в производственных процессах: Великобритания, Украина, Польша, Германия, США [19, 22–24]. Анализ импортозависимости выполнялся по данным 2012–2017 гг., при продолжении сложившейся тенденции ситуация с импортозависимостью угольной промышленности не претерпела существенных изменений [19]. Тем не менее импортозависимость угольной отрасли не настолько критична, как для газовой энергетики, поскольку почти по всем видам технологического оборудования и механизмов существуют российские производители [24], а значит и возможность импортозамещения за счет расширения собственного производства. Этому вопросу уделено достаточно много внимания в Программе развития угольной промышленности России на период до 2035 г.

Курс на декарбонизацию экономики, предусматривает перевод угольных электростанций на газ и, соответственно, сокращение потребления угля. Мероприятия по декарбонизации экономики могут существенно отодвигаться и даже оборачиваться вспять из-за импортозависимости газовой энергетики.

Импортозависимость угольной отрасли не настолько критична, как для газовой энергетики, поскольку почти по всем видам технологического оборудования существуют российские производители

Цены на газ постоянно растут, в разных регионах России они отличаются значительно, к тому же в восьми из 16 субъектов РФ (восточных регионов) магистральный газопровод отсутствует, что влияет, соответственно, на цену на газ. Согласно исследованиям, проведенным компанией Argus Media [21], стоимость производства электроэнергии зависит не только от цены на газ и уголь в регионе, но и от марки сжигаемого угля, КПД генерирующей установки на угле и на газе. Из результатов исследований, представленных компанией следует что использование газа для производства электроэнергии эффективно только в регионах, где цена на газ значительно ниже цены угля. Для большинства восточных регионов, с учетом отсутствия магистрального газопровода, предпочтительной является угольная энергетика по экономическим показателям, а не газовая.

Черемхово – один из крупнейших в Сибири моногородов и центр по добыче угля

Источник: glagol38.ru



Проблемы транспортировки угля связаны с изменившимися геополитическими условиями. Большая часть поставок угля (88 % от объемов добычи в 2020 г.) осуществляется железнодорожным транспортом [5]. Новая политика РЖД связана с изменением приоритетности грузов, обусловленной изменившимися геополитическими условиями. Уголь восточных регионов поставляется, в основном, на электростанции в регионах угледобычи и ближайших к ним. Проблемы транспортировки до электростанций существуют только при большом транспортном плече, т. е. для угля, поставляемого в европейские регионы. Его поставки составили в 2020 г. около 2,5 % от суммарных объемов поставок на электростанции.

Проблемы моногородов связаны с перспективой сокращения персонала из-за снижения объемов добычи или закрытия предприятий. Численность населения в 14

моногородах угледобывающих восточных регионов по данным 2019 г. составляет более 350 тыс. чел. [25]. При сокращении добычи угля неизбежны социальные и экономические проблемы, требующие решения.

Заключение

Уголь восточных регионов был в ретроспективе и останется в перспективе основным топливом для электростанций, в основном, восточных регионов.

Использование угля восточных регионов для нужд энергетики способствует устойчивости энергетического сектора региона:

- к внешним и внутренним экономическим, техногенным и природным угрозам;
- надежному топливно-, энерго- и теплообеспечению;
- способности энергетического сектора минимизировать ущерб, вы-

званный проявлением различных дестабилизирующих факторов, таких как геополитическая ситуация, эпидемия ковида и т. п.

- Основой для стабильного снабжения углем служит:
- наличие запасов угля, обеспеченность которыми исчисляется сотнями лет, в отличие от запасов газа;
- стабильная и налаженная работа угледобывающих предприятий и логистических схем доставки угля;
- более низкий уровень импортозависимости для угольной энергетики;
- климатические условия, диктующие необходимость стабильного снабжения электро- и теплоэнергией;
- рост цен на газ и импортозависимость газовой энергетики;
- возможность и перспективность совершенствования процессов добычи и использования угля, в том числе за счет создания промышленных

кластеров на базе месторождений угля.

Для стабильного функционирования угледобывающих предприятий необходимо развитие машиностроительной промышленности, направленное на импортозамещение оборудования.

Создание угольных кластеров и увеличение доли продукции с высокой добавленной стоимостью может способствовать сокращению социальных и экономических проблем в моногородах.

Перспективы повышения конкурентоспособности угольной энергетики создают новейшие разработки по модернизации оборудования для угольных электростанций, направленные на повышение КПД и экологичности угольной генерации и внедрение технологий, направленных на комплексное использование угля [14, 15, 26, 27].

Работа выполнена в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0004).

Использованные источники

1. Петренко И.Э. Итоги работы угольной промышленности России за 2021 год // УГОЛЬ. – 2022. № 3. С. 9–23. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-9-23
2. Статистические и аналитические информационные материалы по основным показателям производственной деятельности организаций угольной отрасли России. М.: ЦДУ ТЭК, 2000–2020. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cdu.ru> (обращение 20.12.2021).
3. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2019 г. Вып. 91, уголь, I, Сводные данные. – М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по недропользованию, Российский Федеральный геологический фонд, 2019. – 302 с.
4. Федеральный закон № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» (ред. от 2.07. 2021). [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (обращение 07.11.2022).
5. Обзор отрасли грузоперевозок в России 2020 год [Электронный ресурс] – URL: <https://ru.investinrussia.com/data/file/ey-russia-transportation-services-2020.pdf> (обращение 07.10.2022).
6. ТЯЖМАШ – официальный сайт группы компаний. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.tyazhmash.com/> (обращение 07.10.2022).
7. «Силовые машины» – официальный сайт группы компаний. [Электронный ресурс] – URL: <https://power-m.ru/company/> (обращение 07.10.2022).
8. Инструкция по расчету промышленных запасов, определению и учету потерь угля (сланца) в недрах при добыче (утв. Министерством топлива и энергетики РФ 11 марта 1996 г.). [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/551214021> (обращение 07.10.2022).
9. Statistical Review of World Energy 2021 / 70th edition. – URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
10. Прогнозные ресурсы твердых и твердых горючих (уголь) полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января, 2019 года. Выпуск 4. Уголь. – М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по недропользованию. 2019. – 80 с.
11. Угольная база России. Том III. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири. Южная часть (Красноярский край, Канско-Ачинский бассейн; Республика Хакасия, Минусинский бассейн; Республика Тыва, Улугхемский бассейн; Иркутская область, Иркутский бассейн и угольные месторождения Предбайкалья). – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. – 488 с.
12. Угольная база России. Том IV. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Тунгусский и Таймырский бассейны; месторождения Забайкалья). – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. – 493 с.
13. Угольная база России. Том V. Книга 1. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока (Хабаровский край, Амурская область, Приморский край, Еврейская АО). – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997. – 371 с.
14. Середин В.В. Металлоносность углей: условия формирования и перспективы освоения // Угольная база России. Т. VI. М.: Геоинформмарк. 2004. С. 453–519.
15. Салганский Е. А., Цветков М. В., Кадиев Х. М., Висалиев М. Я., Зекель Л. А. Редкие и ценные металлы в нефтях и углях РФ: содержание и методы извлечения (обзор) // Журнал прикладной химии. 2019. Т. 92. Вып. 12. С. 1514–1533.
16. Салганский Е. А., Цветков М. В., Кадиев Х. М., Висалиев М. Я., Зекель Л. А. Технология получения германия при переработке // Химия твердого топлива. 2020. № 1. С. 5–15.
17. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2019 года. Вып. 91, Уголь, Том VII, Сибирский федеральный округ, часть 2. М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по недропользованию, Российский Федеральный геологический фонд, 2019. – 314 с. – URL: <https://rfgf.ru/info-resursy/raboty-po-izucheniyu-nedr> (обращение 26.08.2021).
18. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2019 года. Вып. 91, Уголь, Том VIII, Дальневосточный федеральный округ, М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральное агентство по недропользованию, Российский Федеральный геологический фонд, 2019. – 412 с. – URL: <https://rfgf.ru/info-resursy/raboty-po-izucheniyu-nedr> (обращение 26.08.2021).
19. Анализ данных [Электронный ресурс] – URL: <http://stat.customs.gov.ru/analysis> (обращение: 23.10.2022).
20. Зайцев А.А., Шевко А.А., Малютин П.Н., Сиротин Э.Ю. Энергетическое машиностроение и атомная промышленность России в условиях санкций: возможности переориентации импортных поставщиков и перспективы сотрудничества с Китаем // Отраслевое исследование ЦКЕМИ. 2022. – 41 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://cceis.hse.ru/news/712281277.html/> (обращение 16.11.2022).
21. Топливо и энергетика. Еженедельный обзор рынков угля, газа, мазута и электроэнергии в России // Argus Media group. 2022. Выпуск XIV. № 29. – 27 с. [Электронный ре-
22. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А., Дьяченко К. Оценка импортозависимости российских угольных компаний от закупок зарубежного оборудования // Горная промышленность. № 3, 2018. С. 35–39.
23. Рожков А.А. Структурный анализ импортозамещения в угольной промышленности России: реальность и прогноз // Горная промышленность. № 6, 2017. С. 4–13.
24. Рожков А.А. Карпенко С.М. Оценка уровня импортозависимости угольной промышленности России и подготовки инженерных кадров для импортозамещения горного оборудования // Горная промышленность. № 4, 2020. С. 24–36. DOI: <https://dx.doi.org/10.30686/1609-9192-2020-4-24-36>
25. Список моногородов России. [Электронный ресурс] – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8 (обращение 16.11.2022).
26. Passos H., Cruz V., Schaeffer N., Patinha C., Ferreira da Silva E., Coutinho J.A.P., "Selective Sequential Recovery of Zinc and Copper from Acid Mine Drainage", ACS Sustainable Chemistry & Engineering, Vol. 9. (10), 2021. pp. 3647–3657. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c07549>
27. Crawford S.E., Ellis J.E., Ohodnicki P.R., Baltrus J.P. Influence of the Anionic Zinc-Adeninate Metal–Organic Framework Structure on the Luminescent Detection of Rare Earth Ions in Aqueous Streams, ACS Applied Materials & Interfaces, Vol. 13 (6), 2021. pp. 7268–7277. <https://doi.org/10.1021/acssami.0c20990>

Анализ корректности сравнения показателей выбросов парниковых газов в энергосистемах ЕС и РФ

Analysis of the correctness of comparison of indicators of greenhouse gas emissions in the energy systems of the EU and the Russian Federation

Евгений ГАШО

Профессор НИУ МЭИ, д. т. н.

E-mail: anna.gorshik@yandex.ru

Eugene GASHO

Professor NRU MPEI, Doctor of Technical Sciences

E-mail: anna.gorshik@yandex.ru

Сергей БЕЛОБОРОДОВ

НП «Энергоэффективный город», к. т. н.

E-mail: anna.gorshik@yandex.ru

Sergey BELOBORODOV

NP «Energy Efficient City», Ph.D.

E-mail: anna.gorshik@yandex.ru

ВЭС в районе Копенгагена, пролив Эресунн, Дания

Источник: [balipadma / Depositphotos.com](https://www.balipadma.com)



Аннотация. В соответствии с Рамочной конвенцией ООН об изменении климата каждая страна «проводит национальную политику» с целью ограничения выбросов парниковых газов в атмосферу. Важной задачей является корректное сравнение показателей выбросов парниковых газов в разных странах. Объём выбросов зависит от режимов загрузки оборудования. Российская Федерация самостоятельно обеспечивает баланс производства и потребления электроэнергии в энергосистеме, а также отвечает за поддержание частоты электрического тока в энергосистемах, работающих синхронно с ЕЭС России. В энергосистемах Германии и Дании баланс обеспечивается за счёт экспорта/импорта электроэнергии. Учёт экспорта приводит к снижению доли выработки ВЭС и СЭС в потреблении в энергосистеме Дании с 49,2 до 16,3 %. Использование унифицированных (средних по миру) показателей эмиссии парниковых газов, электрического КПД источников когенерации, методов разнесения расхода топлива между производством электрической энергии и тепла искажает результаты эмиссии парниковых газов в разных странах, ухудшает показатели РФ.

Ключевые слова: ВИЭ, ВЭС, СЭС, эмиссия парниковых газов, углекислый газ, РФ, ЕС, Дания, Германия.

Abstract. Under the UN Framework Convention on Climate Change, each country «pursues a national policy» to limit greenhouse gas emissions into the atmosphere. An important task is the correct comparison of indicators of greenhouse gas emissions in different countries. The volume of emissions depends on the modes of equipment loading. The Russian Federation independently ensures the balance of production and consumption of electricity in the power system, and is also responsible for maintaining the frequency of electric current in power systems operating synchronously with the UES of Russia. In the energy systems of Germany and Denmark, the balance is ensured by the export/import of electricity. Accounting for exports leads to a decrease in the share of WPP and SPP generation in consumption in the Danish energy system from 49,2 to 16,3 %. The use of unified (average around the world) indicators of greenhouse gas emissions, electrical efficiency of cogeneration sources, methods of spreading fuel consumption between the production of electricity and heat distorts the results of greenhouse gas emissions in different countries, worsens the indicators of the Russian Federation.

Keywords: RES, WPP, SPP, greenhouse gas emissions, carbon dioxide, RF, EU, Denmark, Germany.

Климатическая повестка является одним из ключевых факторов, оказывающих влияние на развитие мировой экономики в настоящее время. Снижение выбросов парниковых газов, в первую очередь углекислого газа (CO₂) рассматривается в качестве основного направления в борьбе с изменением климата на Земле [1].

Европейский союз планирует достичь нейтральности к углероду к 2050 г. путём реализации стратегии развития водородной экономики [2]. Приоритетом для ЕС является развитие возобновляемых источников энергии и производство с их помощью водорода.

Важным аспектом реализации водородной стратегии Европейского союза является намерение распространить её действия

на внешних торговых партнёров с помощью экономических связей и дипломатии, в том числе за счёт инвестиций «в международное сотрудничество в области климата, торговли и исследовательской деятельности» [3].

Пакет предложений включает в том числе правила пограничного углеродного регулирования Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) [4]. Предполагается, что в рамках механизма CBAM цена на выбросы углекислого газа будет одинаковой как для продукции европейских производителей, так и для импортных товаров. Таким образом, Европейским союзом декларируется недискриминационный характер механизма CBAM и его соответствие правилам ВТО и другим международным обязательствам ЕС.

Леса как естественные поглотители CO₂

Источник: JuliaSha / depositphotos.com

В соответствии с Рамочной конвенцией ООН об изменении климата каждая страна «проводит национальную политику» с целью ограничения выбросов парниковых газов в атмосферу.

Указом Президента Российской Федерации поставлена задача обеспечить к 2030 г. сокращение выбросов парниковых газов до 70 % относительно уровня 1990 г. с учётом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития Российской Федерации [5].

Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низ-

ким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. [6] позволит достичь баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением не позднее 2060 г.

Приоритетом стратегии является выполнение задачи, поставленной в послании Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 21 апреля 2021 г. по сокращению в период с 2021 по 2050 гг. накопленного объема чистой эмиссии парниковых газов в Российской Федерации до более низких значений по сравнению с показателями Европейского союза.

Важно отметить, что поставленные Европейским союзом цели достижения углеродной нейтральности к 2050 г. [2] и снижения выбросов парниковых газов на 55 % относительно уровня 1990 г. [7] в настоящее время не подтверждаются ни наличием ресурсов, ни фактическими действиями [8]. Так годовой ввод в промышленную эксплуатацию ветровых и солнечных электростанций в ЕС составляет менее 10 % от необходимого объёма [8]. Водородная стратегия не решает вопросы со снижением выбросов парниковых газов в секторах: сельское хозяйство, утилизация отходов, лесное хозяйство. Снижение выбросов в секторе промышленного произ-

Цели ЕС по достижению углеродной нейтральности к 2050 г. и снижению выбросов CO₂ на 55 % относительно 1990 г. пока не подтверждаются ни наличием ресурсов, ни фактическими действиями

водства возможно только после изменения структуры экономики ЕС [4].

Важной задачей является корректное сравнение показателей выбросов парниковых газов в разных странах, поэтому анализ отличий в принципах расчёта выбросов парниковых газов в Европейском союзе и Российской Федерации является актуальным.

Сравнение отчётных данных (разные подходы и методики)

Изменение объёма выброса парниковых газов рассчитывается относительно показателей 1990 г., принятых в качестве базовых значений. Выбросы рассчитываются для [9,10]:

- энергетического сектора, включающего сжигание всех видов ископаемого топлива, утечки и технологические выбросы продуктов в атмосферу;
- промышленных процессов и использования продукции;
- сельского хозяйства;
- сектора землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ);
- отходов.

Выбросы старой ТЭС в атмосферу

Источник: a41cats / depositphotos.com



Ввод в эксплуатацию ВЭС и СЭС в ЕС составляет менее 10 % от необходимого объёма, а водородная стратегия не решает вопросы с выбросами CO₂ в сельском хозяйстве и при утилизации отходов

Одним из показателей, характеризующих экологическую эффективность электроэнергетической системы, является величина удельного выброса углекислого газа на выработку электрической энергии.

Величина удельного выброса CO₂ определяется:

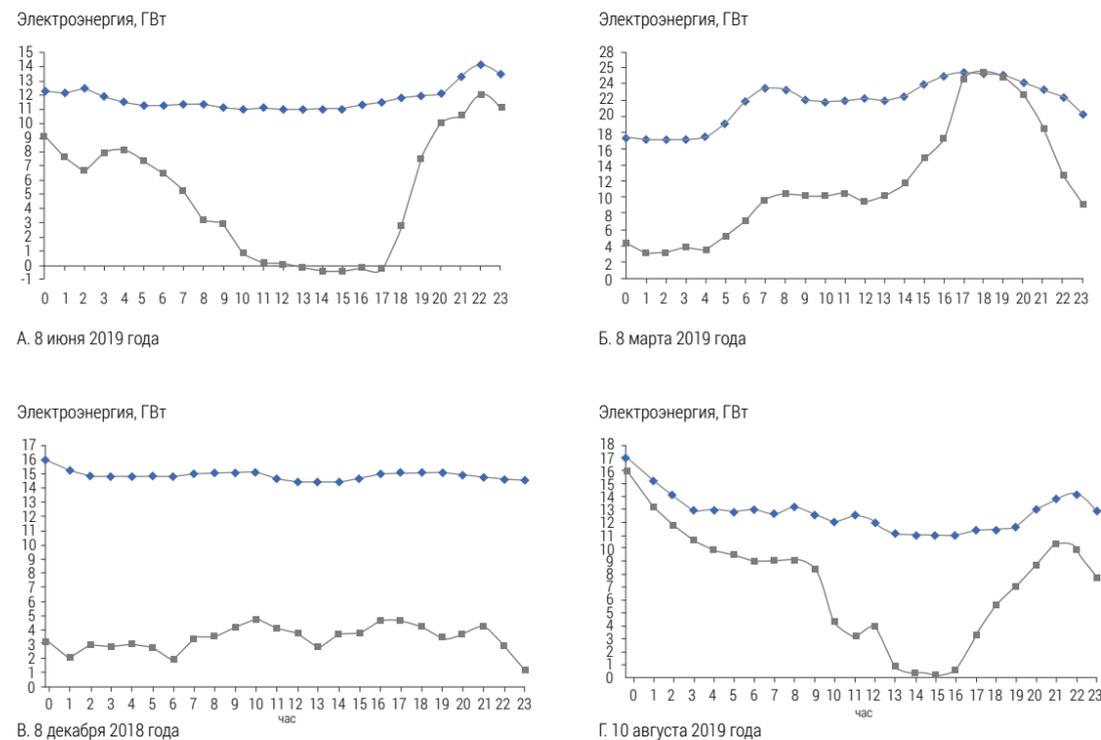
- структурой топливного баланса электростанций;
- долей комбинированной выработки электрической энергии и тепла в энергобалансе;
- коэффициентом использования теплоты топлива комбинированной выработки;

Дания значительно сократила выработку на угольных ТЭС и теперь зависит от импорта электроэнергии. В энергосистеме Дании объём импорта превышает объём экспорта электроэнергии

- выбором методики разнесения расхода топлива на выработку электрической энергии и тепла;
- электрическим КПД конденсационных и теплофикационных турбин.

Сравнение удельных выбросов углекислого газа на выработку электроэнергии в энергосистемах ЕС и ЕЭС России необходимо проводить на основе методик, одинаково трактующих термин «комбинированная» выработка электрической энергии и тепла, использовать одинаковые подходы

Рис. 1. Производство электроэнергии на ТЭС в энергосистеме Германии



(1. – фактический режим ТЭС; 2. – требуемый режим ТЭС при отсутствии экспорта электроэнергии)

к разнесению топлива между производством электроэнергии и тепла, корректно учитывать удельную теплоту сгорания разных видов топлива.

Отчётные показатели выработки ВИЭ

Выработка электрической энергии ветровыми и солнечными электростанциями характеризуется суточной и сезонной неравномерностью и плохой прогнозируемостью.

Германия и Дания являются лидерами ЕС в области внедрения ВИЭ, обеспечивают баланс производства и потребления электроэнергии в своих энергосистемах за счёт экспорта и импорта электроэнергии.

На рис. 1 представлены фактические значения выработки электрической энергии ТЭС, а также требуемая выработка ТЭС в случае отсутствия экспорта электроэнергии из энергосистемы Германии в соседние страны для дней с долей ВИЭ в производстве электроэнергии около 60 % [11].

Электроэнергия, ГВт·ч

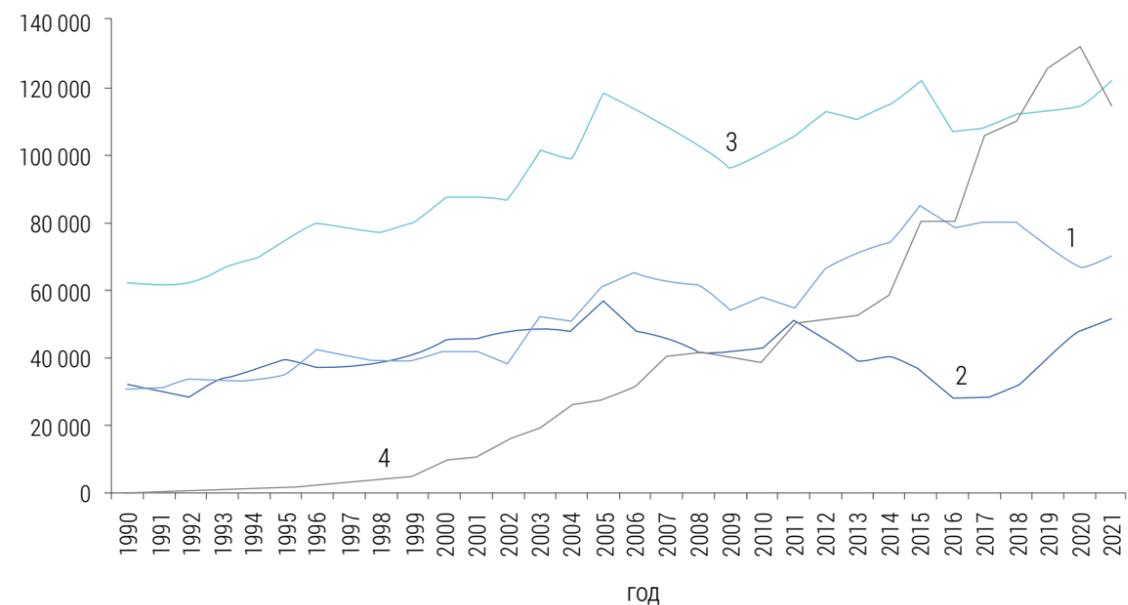


Рис. 2. Динамика экспорта/импорта электроэнергии в энергосистеме Германии

1. – экспорт; 2. – импорт; 3. – сумма объёмов экспорта и импорта; 4. – выработка ВЭС.

Тепловая генерация не участвует в регулировании частоты, работает в эффективных режимах. Избыток выработки ВИЭ в энергосистеме Германии не востребован и отправляется на экспорт, при этом формируются отрицательные цены на электроэнергию [11]. Таким образом, в часы избытка выработки ВИЭ потребителям доплачивают за потреблённую электроэнергию.

В случае отсутствия экспорта/импорта потребовалась бы работа ТЭС с ежедневными пусками/остановами генерирующего оборудования. Ухудшение режимов привело бы к снижению топливной эффективности ТЭС, росту выбросов парниковых газов в энергосистеме [12, 13].

На рис. 2 и 3 представлены данные о динамике экспорта/импорта электроэнергии в энергосистемах Германии и Дании.

Синтез ВИЭ и АЭС

Источник: TReinhard / Depositphotos.com



Электроэнергия, ГВт·ч

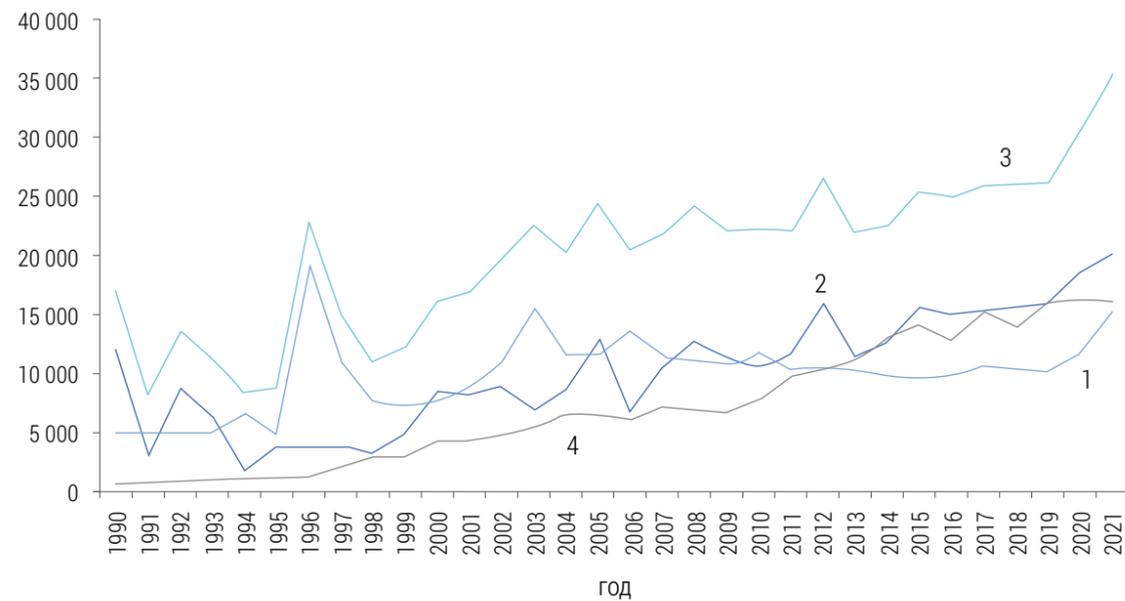


Рис. 3. Динамика экспорта/импорта электроэнергии в энергосистеме Дании

1. – экспорт; 2. – импорт; 3. – сумма объёмов экспорта и импорта; 4. – выработка ВЭС.

Рост выработки ВЭС и СЭС в балансе электроэнергии приводит к росту объёмов экспорта и импорта в энергосистемах Германии и Дании. В энергосистеме Германии объём экспорта превышает объём импорта. Дания значительно сократила выработку электрической энергии на угольных ТЭС и в значительной мере зависит от импорта электроэнергии. В энергосистеме Дании объём импорта превышает объём экспорта электроэнергии (таблица 1).

В официальных отчётах используются показатели отношения выработки ВИЭ (ВЭС и СЭС) к потреблению и к производству электроэнергии без учёта перетоков с энергосистемами соседних стран, что приводит к значительному росту данных показателей (таблица 2).

Учёт экспорта электроэнергии приводит к снижению доли выработки ВЭС и СЭС в производстве электроэнергии в энергосистеме Дании с 60,9 до 20,2 %, а в потреблении с 49,2 до 16,3 %. Аналогично, доля

Таблица 1. Производство электроэнергии в энергосистемах Германии и Дании в 2020 г.

Показатель	Обозначение	Ед. изм.	Германия	Дания
Производство электроэнергии, всего:	$\mathcal{E}_{\text{пр}}$	ТВт·ч	575,46	28,73
Производство электроэнергии ВИЭ	$\mathcal{E}_{\text{ВИЭ}}$	ТВт·ч	256,71	23,45
Производство электроэнергии ВЭС и СЭС	$\mathcal{E}_{\text{ВЭС и СЭС}}$	ТВт·ч	180,74	17,51
Импорт	$\mathcal{E}_{\text{имп}}$	ТВт·ч	47,85	18,59
Экспорт	$\mathcal{E}_{\text{экс}}$	ТВт·ч	66,88	11,71
Потребление электроэнергии	$\mathcal{E}_{\text{потр}}$	ТВт·ч	556,43	35,61

Таблица 2. Доля ВЭС и СЭС в энергосистемах Дании и Германии в 2020 г.

Показатель	Ед. изм.	Германия	Дания
$\mathcal{E}_{\text{ВЭС и СЭС}} / \mathcal{E}_{\text{пр}}$	%	31,4	60,9
$(\mathcal{E}_{\text{ВЭС и СЭС}} - \mathcal{E}_{\text{экс}}) / \mathcal{E}_{\text{пр}}$	%	19,8	20,2
$\mathcal{E}_{\text{ВЭС и СЭС}} / \mathcal{E}_{\text{потр}}$	%	32,5	49,2
$(\mathcal{E}_{\text{ВЭС и СЭС}} - \mathcal{E}_{\text{экс}}) / \mathcal{E}_{\text{потр}}$	%	20,5	16,3

Показатель	Ед. изм.	Германия	Дания
$(\mathcal{E}_{\text{экс}} + \mathcal{E}_{\text{имп}}) / \mathcal{E}_{\text{потр}}$	%	20,6	85,1
$(\mathcal{E}_{\text{экс}} + \mathcal{E}_{\text{имп}}) / \mathcal{E}_{\text{пр}}$	%	19,9	105,5

Таблица 3. Зависимость Дании и Германии от экспорта/импорта электроэнергии в 2020 г.

выработки ВЭС и СЭС в производстве электроэнергии в энергосистеме Германии снижается с 31,4 до 19,8 %, а в потреблении с 32,5 до 20,5 %.

В таблице 3 представлена зависимость обеспечения баланса электрической энергии в энергосистемах Германии и Дании от экспорта/импорта.

Отношение суммы объёмов экспорта/импорта, обеспечивающих баланс производства и потребления электроэнергии в энергосистеме, к потреблению составляет 20,6 и 85,1 %, к производству 19,9 и 105,5 % для Германии и Дании соответственно.

Рост доли ВЭС и СЭС увеличивает зависимость работы энергосистемы от экспорта/импорта электроэнергии, что приводит к снижению надёжности (живучести) энергоснабжения потребителей.

Методики

Российская Федерация в соответствии с решением 1/СР.16 конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединённых Наций об изменении климата каждые два года публикует доклады о состоянии дел с выбросами парниковых газов. В настоящее время опубликовано четыре доклада. Первый доклад был опубликован в 2014 г., четвёртый в 2019 г.

Статистические данные о выбросах парниковых газов, публикуемые в различных источниках, могут:

- формироваться на основе разных методик;
- рассматривать все или отдельные виды парниковых газов;
- исключать из рассмотрения отдельные источники выбросов;

Выбросы парниковых газов в крупных городах

Источник: usa1017 / depositphotos.com



- не учитывать ЗИЗЛХ, в том числе поглотительную способность лесов;
- использовать отличающиеся или фиксированные эмиссионные факторы, не учитывающие специфики топлив в разных странах [14].

Поэтому, при проведении сравнения показателей разных стран необходимо быть уверенными в соответствии используемых методик и структуры данных. Выполнение международных обязательств формирует на основе показателей 1990 г., поэтому

выбросы парниковых газов с учётом ЗИЗЛХ в соответствии с четвёртым двухгодовым отчётом РФ составили 3113 млн т CO_2 . Сравнение выбросов CO_2 в результате сжигания топлива в 1990 г. показало полное соответствие данных, взятых из официальных отчётов Российской Федерации и подготовленных компанией ВР (рис. 4).

Данные компании ВР подтверждают значительное снижение текущих выбросов CO_2 в Российской Федерации в результате сжигания топлива по сравнению с 1990 г.

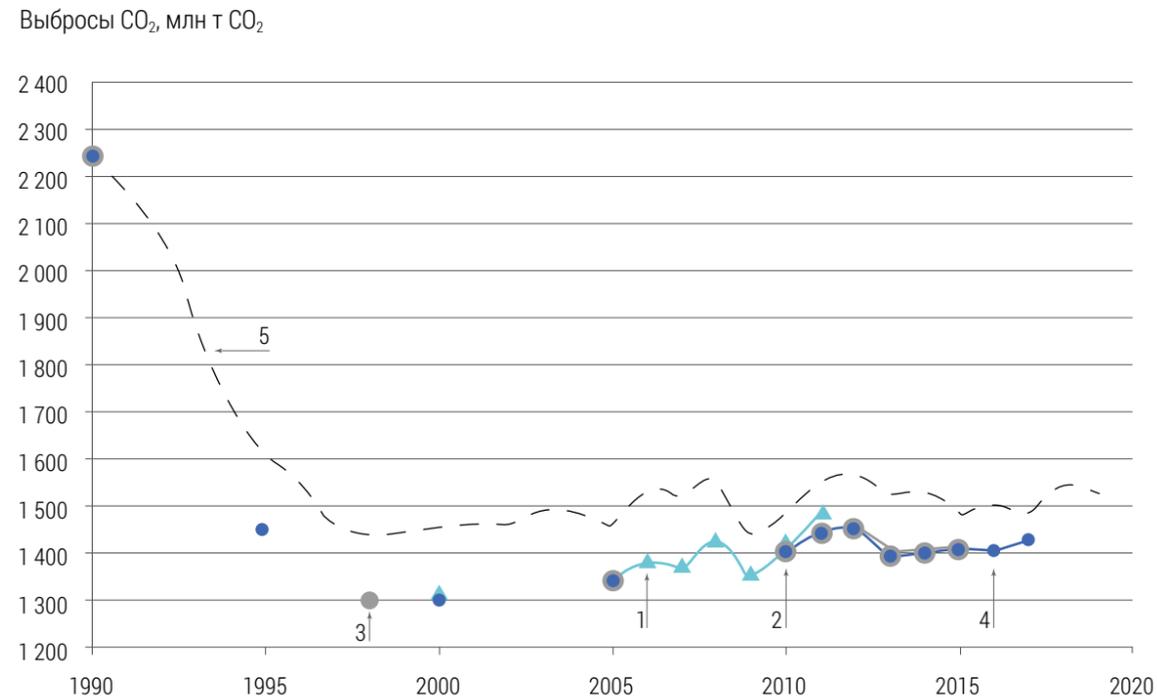


Рис. 4. Выбросы CO_2 в результате сжигания топлива в РФ

1. первый двухгодичный отчёт; 2. второй двухгодичный отчёт; 3. третий двухгодичный отчёт; 4. четвёртый двухгодичный отчёт; 5. ВР отчёт

важнейшей задачей РФ является фиксация объёмов выбросов парниковых газов на данную дату.

К сожалению, данное требование не всегда выполняется. В качестве примера отметим некорректное сравнение в работе [15] совокупных выбросов парниковых газов с учётом ЗИЗЛХ на основе официальных отчётов Российской Федерации [9] с данными, подготовленными нефтяной компанией ВР [16], учитывающими исключительно выбросы углекислого газа при сжигании ископаемого топлива. В соответствии с данными ВР в 1990 г. выбросы CO_2 при сжигании топлива составили 2234 млн т CO_2 , в то время как совокупные

Однако значения выбросов, представленные в официальных отчётах РФ, примерно на 100 млн т CO_2 ниже, чем оценки ВР.

Таким образом, важным направлением является разработка достоверной доказательной базы по расчёту выбросов парниковых газов в Российской Федерации. Анализ четырёх двухгодичных отчётов Российской Федерации [9] показал, что основное влияние на отклонение показателей выбросов и поглощения парниковых газов в 1990 г. имело место в результате значительного разброса данных по:

- технологическим выбросам и утечкам метана (CH_4) (от 251 до 889 млн т CO_2 -экв);



Промышленный комплекс во Франкфурте

Источник: Hackman / depositphotos.com

- поглощению CO_2 лесами (от -248 до -190 млн т CO_2);
- выбросам CO_2 возделываемыми землями (от 75 до 315 млн т CO_2).

Коэффициент эмиссии парниковых газов

При проведении сравнения объёмов выбросов углекислого газа в разных странах иностранными экспертными организациями применяется унифицированный подход к коэффициентам выбросов углекислого газа при сжигании топлива на основании данных Международного энергетического агентства (IEA, 2005): для природного газа – 56,1 т CO_2 /ТДж, каменного угля – 94,6 т CO_2 /ТДж, бурого угля – 101,2 т CO_2 /ТДж [16–18]. Применение унифицированного подхода с одной стороны обеспечивает согласование результатов, полученных различными исследователями, с другой стороны приводит к снижению их точности.

Коэффициенты выбросов углекислого газа, применяемые в РФ при формировании национального доклада о кадастре антропогенных выбросов, их источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, полученные путём проведения исследований топлив составляют: природный

газ – 54,4 т CO_2 /ТДж; кузнецкий уголь – 91,9 т CO_2 /ТДж, тугунский уголь – 94,2 т CO_2 /ТДж, воркутинский уголь – 92,6 т CO_2 /ТДж, канско-ачинский бурый уголь – 98,1 т CO_2 /ТДж, гусиноозерский бурый уголь – 94,9 т CO_2 /ТДж, азейский уголь – 93,9 т CO_2 /ТДж [10].

Таким образом, применение унифицированного подхода приводит к завышению выбросов CO_2 в Российской Федерации более чем на 3 % при сжигании природного газа, до 3 % при сжигании каменного угля и до 7,5 % при сжигании бурых углей [8, 16].

Завышенные показатели выбросов парниковых газов в докладе ВР при сжигании топлив по сравнению с официальными

Учёт экспорта электроэнергии приводит к снижению доли выработки ВЭС и СЭС в производстве электроэнергии в энергосистеме Дании с 60,9 до 20,2 %, а в потреблении с 49,2 до 16,3 %

данными РФ могут быть следствием применения унифицированных показателей эмиссии вместо фактических значений. Необходимо отметить, что по информации ВР рассчитанные в соответствии с их методикой объёмы выбросов парниковых газов разных стран часто не соответствуют официальным значениям.

Когенерация

В Российской Федерации выработка электрической энергии источниками когенерации подразделяется на теплофикационную (комбинированную) и конденсационную. В статистической отчётности европейских стран может указываться только суммарный объём выработки электрической энергии источниками когенерации.

В рамках европейского подхода практически все ГРЭС и АЭС в ЕЭС России могут считаться источниками комбинированной выработки. Среднее значение электрического КПД источников комбинированной выработки в ЕС в 2020 г. составило около 26 % [19]. При проведении расчётов топливной эффективности источников комбинированной выработки в зарубежных методиках применяется электрический КПД теплофикационных турбин в диапазоне от 10 до 20 % [18], что снижает топливную эффективность выработки электроэнергии российскими ТЭЦ более чем в 2 раза, и приводит к росту выбросов парниковых газов в энергосистеме РФ по сравнению с фактическими значениями.

Применение унифицированного подхода приводит к завышению выбросов CO₂ РФ более чем на 3% при сжигании природного газа, до 3% при сжигании каменного угля и до 7,5% при сжигании бурых углей

Международное энергетическое агентство (IEA) рассматривает два способа разнесения расхода топлива между выработкой электрической энергии и тепла источниками когенерации: пропорциональный метод и метод фиксированной эффектив-



Новovoroneжская АЭС
Источник: «Росатом»

ности выработки тепла на уровне КПД 90 % [20]. В Российской Федерации основными методами разнесения расхода топлива являются физический метод и метод ОРГРЭС, а также используется тепловой метод.

В рамках физического метода эффективность выработки тепла может быть на уровне КПД 80 %, а в рамках метода ОРГРЭС превышать 100 %.

Разные подходы к разнесению расхода топлива между производством электрической энергии и тепла в разных странах приводят к различию показателей выбросов парниковых газов.

СЕКТОР ЗИЗЛХ

В Указе Президента РФ поставлена задача сокращения выбросов парниковых газов относительно уровня 1990 г. с учётом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем.

Определение «лес»

Одним из способов достижения нейтральности стран к выбросам CO₂ является увеличение площади и поглотительной способности лесов.

Отдельной проблемой является то, что в Российской Федерации до сих пор отсутствует точное определение понятия «лес» [21]. В настоящее время при производстве Государственной инвентаризации лесов

(ГИЛ) не учитываются все леса на территории субъекта РФ [21, 22].

В докладе конференции, состоявшейся в Марракеше в 2001 г., было определено, что в соответствии с Киотским протоколом для деятельности в области ЗИЗЛХ применяется определение «лес», которое «означает территорию площадью 0,05–1,0 га с лесным древесным покровом (или эквивалентным уровнем накопления), при этом более 10–30 % деревьев должны быть способны достигнуть минимальной высоты в 2–5 м в период созревания на местах» [23].

В Российской Федерации в целях выполнения обязательств по Киотскому протоколу под термином «лес» понимается «сообщество деревьев и кустарников, которое в возрасте спелости имеет минимальную полноту 0,3 (эквивалент сомкнутости крон 18 %), минимальную высоту деревьев 5 м, минимальную площадь 1 га и минимальную ширину 20 м» [24].

В Европейском союзе уточнение критериев лесных земель отдано на усмотрение национальных правительств европейских стран. Площади лесов варьируются от минимум 0,05 га для Чешской Республики и Австрии до минимум 1 га для Испании и Мальты. Кроновый покров деревьев колеблется от 10 до 30 %, а высота деревьев определяется как минимум 2, 3 или 5 м для каждой страны.

Различные значения отражают различные национальные условия и разли-

Полуостров Ямал
Источник: «Газпром»



чия в типах лесов, а также позволяют государству-члену ЕС применять определения, соответствующие их национальным определениям лесов [25].

Площадь лесов в ЕС (27 стран) составляет около 1,58 млн км². В РФ площадь лесных земель выросла с 7,89 млн км² в 1990 г. до 8,97 млн км² в 2019 г. Рост был обеспечен в результате переустройства 1,23 млн км² земель за период с 1990 по 2005 гг. в лесные земли. Площадь управляемых лесных земель в РФ составила 6,91 млн км² в 2019 г. [10].

Площадь сельскохозяйственных земель в России сократилась с 638 млн га в 1990 г. до 382 млн га к 2020 г. Площадь неиспользуемых земель по разным оценкам составляет от 40 до 100 млн га

В 2021 г. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации внесло изменения в «Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов» с целью уточнения площадей «управляемых лесов» с учетом резервных лесов и лесов на землях сельскохозяйственного; использования данных первого этапа государственной инвентаризации лесов; уточнения площадей погибших лесов в результате воздействия лесных пожаров, вредных организмов, ветровалов, а также сплошных рубок; уточнения региональных коэффициентов накопления углерода в основных пулах; уточнения площадей осушенных и обводненных торфяников [26, 27].

Методики поглотительной способности лесов

В настоящее время оценки поглотительной способности лесов РФ, выполненные с использованием разных методик, могут отличаться в несколько раз [26, 28–32].

Для официальной оценки годовых изменений запасов углерода на лесных землях используется специальная программа



Леса и озера Карелии

Источник: mike_laptev / depositphotos.com

РОБУЛ, разработанная Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН) [10].

В таблице 4 представлены результаты оценок поглощения CO_2 , выполненные с использованием разных методик, а также сальдо выбросов парниковых газов в РФ с учётом ЗИЗЛХ.

Результаты оценки поглощения углекислого газа, выполненные на основании методики РОБУЛ [31], в разы ниже, чем полученные с помощью других методик. Поглощительная способность российских лесов, рассчитанная международной группой учёных [32], превышает эмиссию парниковых газов в РФ. В соответствии с расчётами, выполненными ВНИИЛМ [29] и IIASA [30], поглощительная способность лесов чуть меньше эмиссии парниковых газов.

Необходимо отметить, что при выполнении официальных расчётов не учитывается

около 2 млн км^2 площади неуправляемых лесных земель, составляющей около 29 % от учтённых в расчётах [28]. При формировании данных государственного лесного регистра (ГЛР) не используется информация, получаемая со спутников из космоса. В то время, как исследования, выполненные на базе информации, полученной со спутников NASA, указывают на значительный рост площади лесов по всему земному шару, включая Российскую Федерацию за последние 30 лет [33].

Брошенные с/х угодья

Рост площади лесов в результате снижения активности в аграрном секторе с 1991 г. является объективным результатом деятельности Российской Федерации в секторе ЗИЗЛХ за рассматриваемый период. Однако, новые леса, возникшие на за-

брошенных сельскохозяйственных землях, пока не учитываются [21, 26].

Площадь сельскохозяйственных земель в Российской Федерации сократилась с 638 млн га в 1990 г. до 382 млн га к 2020 г. Площадь неиспользуемых земель по разным оценкам составляет от 40 до 100 млн га. Проведенная в 2016 г. сельскохозяйственная перепись показала, что общая площадь неиспользуемых сельхозугодий в России в 2015 г. составляла 97,2 млн га или 44 % всех сельскохозяйственных угодий страны [34].

Для примера, выполненные исследования показали, что на средней и заключительной стадиях формирования леса находится 27 % общей площади сельскохозяйственных угодий Угличского района Ярославской области. Эта доля является минимальной оценкой степени зарастания, поскольку лесные контуры площадью менее 0,5 га исключены из расчетов при генерализации [22]. С учетом начальных стадий зарастания доля заброшенных и зарастающих лесом сельскохозяйственных земель может возрасти до 40–50 % площади сельскохозяйственных земель. На территории Брянской области неучтенными в ГЛР являются леса площадью 120,6 тыс. га, что соответствует площади лесов Орловской

Земли с/х назначения как поглотители CO_2

Источник: TTstudio / depositphotos.com



Сравнение удельных выбросов CO_2 на выработку электроэнергии в энергосистемах ЕС и ЕЭС России необходимо проводить на основе методик, имеющих одинаковые подходы к оценке энергосистем

области [21]. Площадь заросших лесом и кустарниками сельхозугодий в СХП Брятино Тарусского района Калужской области в 2010 г. составила 48,9 % площади сельскохозяйственных земель, а к 2015 г. составит 80 % [35].

В настоящее время в лесном хозяйстве применяются такие термины, как запас¹, текущее изменение запаса², текущий отпад³, которые определяют эко-

¹ Запас – сумма объемов стволов живых деревьев, составляющих древостой (элемент леса).

² Текущее изменение запаса (текущий прирост по наличному запасу) – изменение запаса древостоя за единицу времени, как правило за 1 год.

³ Текущий отпад: деревья, погибшие в текущем году (свежий сухой отпад), а также свежий ветровал, бурелом, снеголом).

Таблица 4. Сравнение методик оценки поглощительной способности лесов РФ

Методика (авторы)	Оценка поглощения углерода	Сальдо выбросов парниковых газов в РФ с учётом ЗИЗЛХ
	млн т CO_2 -экв. в год	млн т CO_2 -экв. в год
РОБУЛ (ЦЭПЛ РАН, Д. Г. Замолодчиков и др.)	536	+1620
ВНИИЛМ (Филипчук и др.)	1906,3	+249
IIASA (А. З. Швиденко, Д. Г. Щепаченко, С. Нильсон)	2002 ± 440	от – 286 до +593
A.J. Dolman et al	2537	- 381

номические показатели лесов для целей оценки коммерческой эффективности вырубки участков, но напрямую не определяющие эффективность поглощения углекислого газа. Леса, возникшие на землях, выведенных из сельскохозяйственного пользования, представлены молодняками, которые не представляют товарной ценности [21].

В работе [36] было показано, что учёт брошенных земель сельскохозяйственного назначения обеспечивает выполнение поручения Президента Российской Федерации по снижению выбросов парниковых газов.

Выводы

Сравнение удельных выбросов углекислого газа на выработку электроэнергии

в энергосистемах ЕС и ЕЭС России необходимо проводить на основе методик, одинаково трактующих термин «комбинированная» выработка электрической энергии и тепла, использовать одинаковые подходы к разнесению топлива между производством электроэнергии и тепла, корректно учитывать удельную теплоту сгорания разных видов топлива.

Применение унифицированного подхода приводит к завышению выбросов CO₂ в Российской Федерации более чем на 3 % при сжигании природного газа, до 3 % при сжигании каменного угля и до 7,5 % при сжигании бурых углей.

Результаты официальной оценки поглощения парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ, выполненные на основании методики РОБУЛ, в разы ниже, чем полученные с помощью других методик. Для



ВЭС в Дании
Источник: topphoto / Depositphotos.com

корректного учёта поглощения парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ в Российской Федерации необходимо дать точное определение понятия «лес».

В настоящее время в лесном хозяйстве применяются термины, которые определяют экономические показатели лесов для целей оценки коммерческой эффективности вырубки участков, но напрямую не определяющие эффективность поглощения углекислого газа.

Учёт экспорта приводит к снижению доли выработки ВЭС и СЭС в производстве электроэнергии в энергосистеме Дании с 60,9 до 20,2 %, а в потреблении с 49,2 до 16,3 %. Аналогично, доля выработки ВЭС и СЭС в производстве электроэнергии в энергосистеме Германии снижается с 31,4 до 19,8 %, а в потреблении с 32,5 до 20,5 %.

Использованные источники

1. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата [Электронный ресурс] URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (Дата обращения 08.02.2023).
2. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe // Communication from commission to the European parliament, The Council, The European economic and social committee and the committee of the regions, Brussels, 8.7.2020.
3. A New Industrial Strategy for Europe // Communication from commission to the European parliament, The Council, The European economic and social committee and the committee of the regions, Brussels, 10.3.2020.
4. Белобородов С.С., Гашо Е.Г., Ненашев А.В. Оценки углеродоемкости и углеродной нейтральности экономик ЕС и РФ // Промышленная энергетика. №11, 2021. С. 38–47.
5. Указ Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 г. №666 «О сокращении выбросов парниковых газов».
6. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 октября 2021 г. №3052-п.
7. 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality // Communication from commission to the European parliament, The Council, The European economic and social committee and the committee of the regions, Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 550 final.
8. Белобородов С.С., Гашо Е.Г., Ненашев А.В. Переход ЕС к водородной энергетике: потребность в ресурсах // Промышленная энергетика. №6, 2021. С. 36–47.
9. Четвёртый двухгодичный доклад Российской Федерации, представленный в соответствии с решением 1/CP.16 конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Москва, 2019.
10. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов, их источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2019 гг. // Романовская А.А., Нахутин А.И., Гинзбург В.А. и др. Москва, 2021.
11. Белобородов С.С. Обеспечение баланса производства и потребления электроэнергии в энергосистеме Германии в дни с максимальной выработкой ВИЭ // Электрические станции. №2, 2020. С. 16–22.
12. Белобородов С.С. Оксидоуглеродный след ветровых и солнечных электростанций // Электрические станции. №8, 2022. С. 10–18.
13. Белобородов С.С. «Зелёные сертификаты»: сравнение выбросов углекислого газа при производстве электроэнергии ТЭС, ВЭС, СЭС и ГЭС // Электрические станции. №1, 2023. С. 2–8.
14. Koffi, Brigitte; Cerutti, Alessandro; Duerr, Marlene; Iancu, Andreea; Kona, Albana; Janssens-Maenhout, Greet (2017): CoM Default Emission Factors for the Member States of the European Union - Version 2017, European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/jrc-com-ef-comw-ef-2017>
15. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации «Экология и экономика: тенденция к декарбонизации» / В. Павлюшина, Е. Хейфец, Е. Музыченко / Под ред. Л. Григорьева // Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. №66. Октябрь, 2020.
16. BP Statistical Review of World Energy 2020 – 69th edition. – URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
17. Staffell, M. Jansen, A. Chase, E. Cotton and C. Lewis (2018). Energy Revolution: Global Outlook. Drax: Selby. – URL: <https://www.drax.com/wp-content/uploads/2018/12/Energy-Revolution-Global-Outlook-Report-Final-Dec-2018-COP24.pdf>
18. International comparison of fossil power efficiency and CO₂ intensity – Update 2018. FINAL REPORT // Sam Nierop and Simon Humperdinck – ECOFYS Netherlands B.V. September 28, 2018. p. 82.
19. EU in figures Energy statistical pocketbook 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022.
20. Emission factors 2020: Database documentation. – URL: http://wds.iea.org/wds/pdf/CO2KWH_Methodology.pdf
21. Перепечина Ю.И., Глушенков О.И., Корсиков Р.С. Оценка лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения в Брянской области // Лесотехнический журнал. Т. 5. №1, 2015. С. 74–84.
22. Маслов А., Гульбе А., Гульбе Я., Медведева М., Сирин А. Оценка ситуации с зарастанием сельскохозяйственных земель лесной растительностью на примере Угличского района Ярославской области // Устойчивое лесопользование. №4 (48). 2016. С. 6–14.
23. Доклад конференции сторон о работе её седьмой сессии, состоявшейся в Марракеше 29 октября – 10 ноября 2001 года // FCCC/CP/2001/13/Add.1 - 21 January 2002. – URL: <https://unfccc.int/resource/docs/russian/cop7/cp713a01r.pdf>
24. Электронный ресурс: – URL: https://unfccc.int/files/national_reports/initial_reports_under_the_kyoto_protocol/application/pdf/initial_report_russia.pdf
25. Dr. Hannes Böttcher, Carina Zell-Ziegler, Anke Herold, Anne Siemons "EU LULUCF Regulation explained. Summary of core provisions and expected effects." // Öko-Institut e.V. – Berlin. 21.06.2019. – URL: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Analysis-of-LULUCF-Regulation.pdf>
26. Григорьев А. Ю. и др., Леса России и изменение климата, РСОЭС, 2021.
27. Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 20 января 2021 г. №3-р «О внесении изменения в методические указания по количественному определению объёма поглощения парниковых газов», утверждённые распоряжением Минприроды России от 30 июня 2017 г. №20-р.
28. Аналитический обзор методик учёта выбросов и поглощения лесами парниковых газов из атмосферы [Электронный ресурс] / А.Н. Филипчук, Н.В. Малышева, Б.Н. Моисеев, В.В. Страхов // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. №3, 2016. С. 36–85. – URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
29. Бореальные леса России: возможности для смягчения изменения климата / А.Н. Филипчук, Н.В. Малышева, Т.А. Золина, А.Н. Югов. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.1.10. – Текст: электронный // Лесохоз. информ. : электронный сетевой журнал. №1, 2020. С. 92–113. – URL: <http://lhi.vniilm.ru/> <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2020.1.10>
30. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г. Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал. №1, 2014. С. 69–92.
31. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Честных О.В. Динамика баланса углерода в лесах Федеральных округов Российской Федерации // Вопросы лесной науки. Т.1(1). 2018. С. 1–24.
32. An estimate of the terrestrial carbon budget of Russia using inventory-based, eddy covariance and inversion method / Dolman A. J. et al // Biogeosciences. 2012. Vol. 9. P. 5323–5340. DOI: 10.5194/bg-9-5323-2012.
33. Исследование: рост выбросов CO₂ озеленил планету // Роджер Харрабин, Би-би-си, обозреватель по экологии. 26 апреля 2016. – URL: <https://www.nature.com/nclimate/articles>
34. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2016 году // М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 240 с.
35. Белорусцева Е.В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. №1. С. 57–64.
36. Гашо Е.Г., Белобородов С.С. Несколько стратегических аспектов развития энергетических систем // Энергетическая политика. №12(178), 2022. С. 72–85.

Применение моделей предиктивного анализа процессов энергопотребления на примере зданий типовой застройки Москвы

Application of models of predictive analysis of energy consumption processes on the example of standard buildings in Moscow

Сергей ГУЖОВ
Доцент, к. т. н.,
доцент ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»
E-mail: GuzhovSV@mpei.ru

Sergey GUZHOV
Associate Professor, Ph.D. of Technical Sciences,
Associate Professor National Research University «MPEI»
E-mail: GuzhovSV@mpei.ru

Проспект Вернадского, Москва

Источник: archi.ru



Аннотация. Масштабирование энергосберегающего эффекта успешных проектов модернизации зданий типовой застройки производится редко из-за недостаточной адаптированности и относительно небольшого уровня практического применения методов статистического анализа (МСА) предиктивного расчёта энергопотребления объектами в изменяющихся климатических и экономических условиях. Показаны результаты работы по применению моделей и средств предиктивного анализа процессов теплотребления на примере зданий типовой застройки города Москвы. Выявлены периоды наиболее массовой застройки мегаполиса зданиями типовой застройки. Показаны особенности подготовки исходных данных для предиктивного анализа энергопотребления фонда эксплуатирующихся объектов. Показано наиболее целесообразным использование искусственных нейронных сетей (ИНС). Приведены факторы, необходимые для дополнительного учёта при предиктивном анализе теплотребления: динамика изменения фактических значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций; технологии, применённые при строительстве; качество эксплуатации оборудования. Приведены примеры «эталонных» энергоэффективных зданий. Показаны результаты формирования прогнозного графика энергопотребления для здания, которое предполагается модернизировать на основе ИНС, обученных на примере «эталонных» зданий. Также показаны результаты расчёта эффекта от возможной модернизации всех типовых многоквартирных домов (МКД) Москвы, полученного на основании прогноза ИНС. При повышении класса энергоэффективности МКД г. Москвы на один уровень, рассчитанный суммарный эффект составляет 6,86 % всего потребления тепловой энергии.

Ключевые слова: многоквартирный дом, типовые здания, модернизация, искусственная нейронная сеть, сопоставимые условия, прогнозирование, спрос на энергоресурсы, точность, достоверность, теплотребление.

Abstract. The scaling of the energy-saving effect of successful projects for the modernization of standard buildings is rarely done due to insufficient adaptation and a relatively low level of practical application of statistical analysis methods (ISA) for predictive calculation of energy consumption by objects in changing climatic and economic conditions. The results of work on the use of models and tools for predictive analysis of heat consumption processes are shown. on the example of typical buildings of the city of Moscow. The periods of the most mass construction of the metropolis with buildings of standard development are revealed. The features of the preparation of initial data for predictive analysis of the energy consumption of the fund of operated facilities are shown. The use of artificial neural networks (ANN) is shown to be the most appropriate. The factors necessary for additional consideration in the predictive analysis of heat consumption are given: the dynamics of changes in the actual values of the resistance to heat transfer of enclosing structures; technologies used in construction; quality of equipment operation. Examples of «reference» energy-efficient buildings are given. The results of the formation of a predictive energy consumption schedule for a building that is supposed to be modernized on the basis of ANNs trained on the example of «reference» buildings are shown. Also shown are the results of calculating the effect of the possible modernization of all standard apartment buildings (MKD) in Moscow, obtained on the basis of the ANN forecast. With an increase in the energy efficiency class of MKD in Moscow by one level, the calculated total effect is 6.86 % of the total heat consumption.

Keywords: apartment building, typical buildings, modernization, artificial neural network, comparable conditions, forecasting, energy demand, accuracy, reliability, heat consumption.

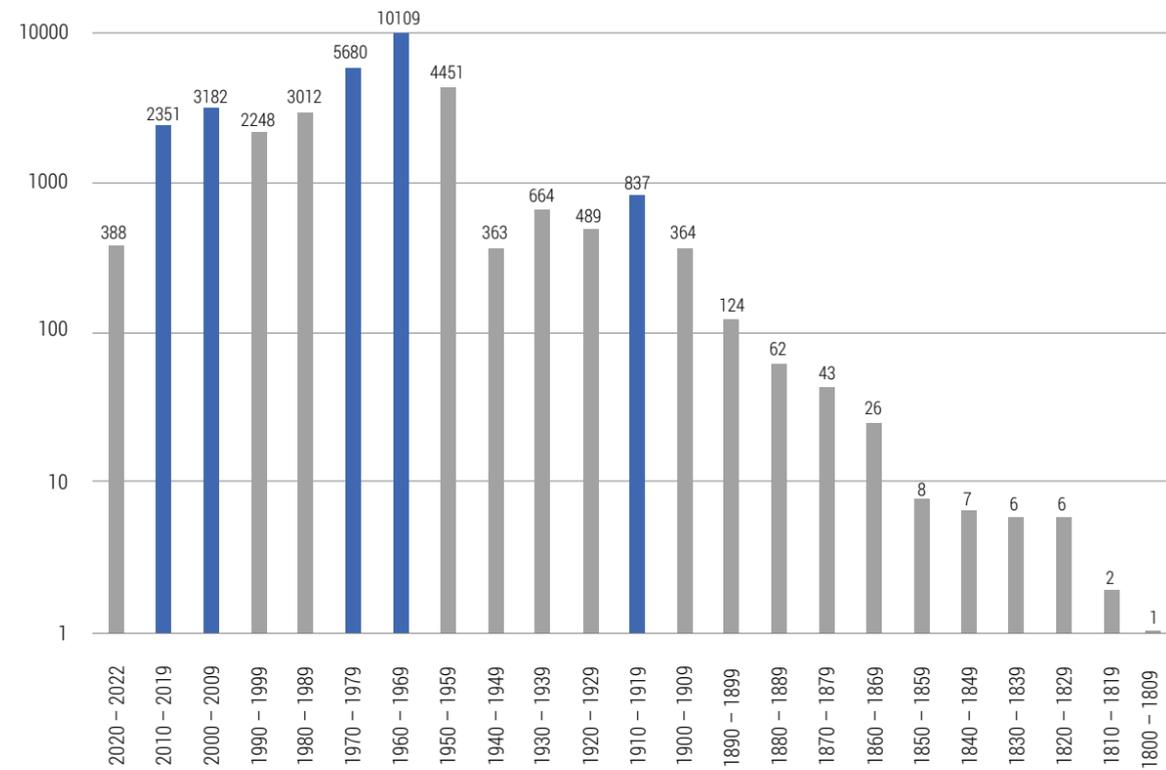


Рис. 1. Численность многоквартирных домов Москвы, сооружённых в различные периоды времени (логарифмическая шкала)

Источник: [1]

Описание и особенности сектора массовой застройки Москвы

Здания секторов массовой застройки (МКД, административных зданий и пр.) построены, как правило, по типовым проектам. Число МКД Москвы, сооружённых в различные периоды времени (рис. 1), наглядно демонстрирует несколько эта-

пов внедрения серий типовых проектов, использующих различные технологии строительства. Очевидно, большое число зданий, сооружённых в периоды времени: с 1910 по 1919 гг.; с 1960 по 1979 гг.; с 2000 по 2019 гг. – также имеют различную степень физического износа.

Суммарная площадь многоквартирных зданий, сооружённых в различные периоды времени, демонстрирует группы зданий и, следовательно, технологий, имеющих наиболее массовый характер. К таким периодам времени следует отнести: с 1970 по 2020 гг.

К зданиям, построенным по типовым проектам, относятся здания бюджетной сферы. В таких зданиях располагаются школы, поликлиники, детские сады, библиотеки и пр. Всего в Москве насчитывается свыше 14,6 тыс. зданий с общей площадью 37 млн м² [2]. Удельное потребление энергоресурсов в среднем по городу для зданий бюджетной сферы составляет: электрическая энергия – 119,9521 кВт·ч/м² в год; тепловая энергия – 0,1656 Гкал/м² в год; горячая вода питьевого водопровода –

Удельное потребление энергоресурсов в среднем по Москве в год для зданий бюджетной сферы составляет: 119,95 кВт·ч/м² электрической энергии, 1503,86 м³/м² газа и 0,1656 Гкал/м² тепла



Разные виды застройки Москвы: от «хрущёвок» до Москва-Сити

Источник: vvoenny / depositphotos.com

0,1681 м³/м² в год; холодная вода питьевого водопровода – 0,6819 м³/м² в год; природный газ – 1503,8614 м³/м² в год. Наибольший объём зданий сооружён в период с 1970 по 2020 гг. Это позволяет говорить о возможности внедрения в этих зданиях комплекса энергосберегающих технологий.

Особенности подготовки исходных данных для предиктивного анализа энергопотребления фонда эксплуатирующихся объектов

Степень физического износа ограждающих конструкций и инженерных систем здания напрямую зависит как от применённых материалов, так и от используемых технологий [3]: трубопроводы и нагревательные приборы-радиаторы – 40 лет; элек-

тропроводка скрытая – 30 лет; лифтовое хозяйство – 15 лет; приборы: выключатели, штепсельные розетки – 10 лет; газовые плиты и трубы – 20 лет и т. д.

В целях обновления инженерной инфраструктуры и инженерных коммуникаций рассматриваемой группы зданий применяется процедура проведения периодического ремонта и капитального ремонта зданий. В рамках государственной программы проведения капитального ремонта в период с 2005 по 2022 гг. проведено обновление как многоквартирных домов, так и зданий муниципальных объектов; в 72 % зданий данная процедура пока не реализована (таблица 1). Мероприятия в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [4] не могут быть реализованы без наличия автоматизированного предиктивного расчёта энергосберегающего эффекта, учитывающего специфику

Таблица 1. Численность зданий г. Москвы, реализовавших улучшения

	Число домов	Суммарная площадь
Всего	34 423	293,01 млн м ²
Реализована программа кап. ремонта [5, 6]	более 9000	свыше 76,5 млн м ²
Реализована программа реновации [7]	более 211	свыше 2,7 млн м ²
Реализован переход к «зелёным» зданиям	~300	около 1,1 млн м ²

С 1 января 2023 г. в Москве для проектируемых зданий, кроме многоквартирных домов, при существовании технической обоснованности рекомендуется применять возобновляемые источники энергии

и особенности конкретных зданий в рассматриваемом городе.

При наличии нескольких подходов главным вопросом является границы их взаимного применения и возможность одновременного использования с целью минимизации разницы между фактическими и прогнозными значениями. Оценки экономии ресурсов могут быть получены, например, путем сравнения фактических параметров с расчетными (проектными) нормативами, а также со средними (удельными) показателями ресурсопотребления. Вторым часто используемым подходом является использование группы МСА по аппроксимации и использованию многофакторного регрессионного анализа (МФРА). Данный МСА не используется в работе по причине возможной низкой достоверности анализируемых входных данных. Третьим подходом, используемым в рамках настоящей статьи, является применение искусственных нейронных сетей, к преимуществам которого можно отнести

автоматизированность и достаточно высокую точность расчёта.

Необходимые для анализа данные могут быть получены только на основе показаний приборов учёта энергоресурсов по каждому анализируемому объекту, что обеспечивает простоту применения подхода, удобство интерпретации полученных результатов, возможность бенчмаркинга.

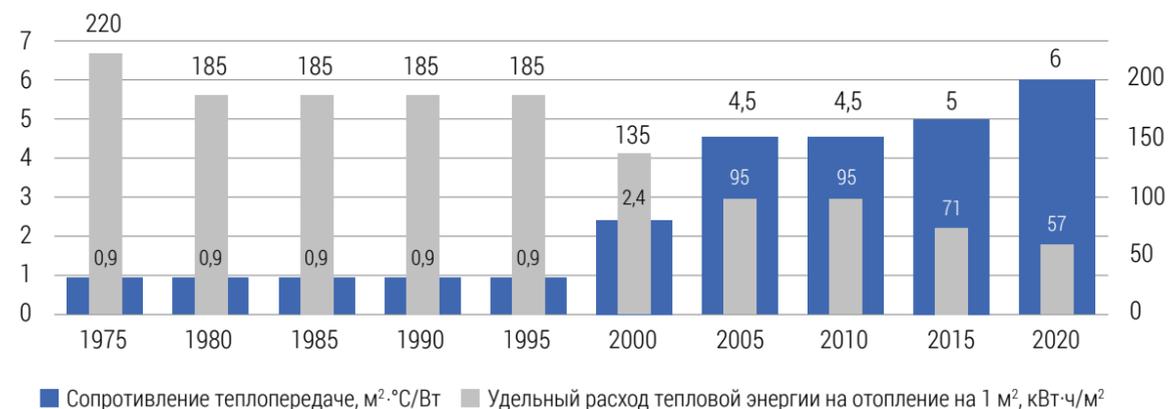
Значения факторов, описывающих работу подсистем анализируемого объекта, соответствуют критерию коллинеарности, что увеличивает разницу между фактическими и прогнозными значениями, полученные методом МФРА и не увеличивает тем большую, чем больше данных используется в качестве обучающей выборки. Для повышения точности и достоверности прогноза, система сбора информации об энергопотреблении объекта должна накапливать для анализа как можно больший объем данных, но не меньше минимального объёма [9] в каждый период времени. Накопление данных должно осуществляться с дискретизацией от 1 раза в минуту до 1 раза в час.

Анализ полученных результатов

Проведённая подготовительная работа позволила собрать значительный архив данных по множеству типов исследуемых объектов, многообразие которых можно классифицировать на 5 категорий (таблица 2).

Рис. 2. Динамика изменения нормативных значений сопротивления теплопередаче и удельного расхода тепловой энергии на отопление для г. Москва

Источник: [12]



№	Число отдельно стоящих зданий	Наличие мощных потребителей, развитое технологическое оборудование	Наличие собственной генерации	Пример	Число проанализированных объектов
I.	одно	нет	нет	МКД, небольшой офис	13482
II.	≥2; ≤10.	единичные потребители средней мощности	нет	небольшой торговый центр, цех	12
III.	≥10; ≤500.	множество разнообразных типов	да	крупный ТРЦ или завод, квартал города	7
IV.	≥0,5 тыс.; ≤1 тыс.	множество разнообразных типов	да	город либо его часть	4
V.	≥1 тыс.; ≤10 тыс.	множество разнообразных типов		регион	89
VI.	≥10 тыс.	множество разнообразных типов		страна	1

Таблица 2. Классификации уровней (ступеней) энергосистем с учётом особенностей их энергетического и технологического уклада

В рамках рассмотрения первого и второго уровня объектов часто возникает вопрос целесообразности внедрения энергосберегающих мероприятий. Одна и та же технология на разных объектах может дать несколько различающийся эффект. Важной практической задачей является определение с требуемой точностью и достоверностью возможность масштабирования полученного эффекта на другом здании аналогичного проекта.

С 1 января 2023 г. для проектируемых зданий, кроме МКД, при существовании технической обоснованности и технико-экономической целесообразности, ГОСТ «Нетрадиционные технологии...» [10] рекомендуется устанавливать возобновляемые источники энергии, альтернативные источники энергии, а также использовать вторичные энергоресурсы. Согласно приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии [11] необходимо обеспечивать удельное поступление энергетических ресурсов не менее 10 кВт·ч/м³ в год – с 1 января 2023 г. и не менее 20 кВт·ч/ м³ в год – с 1 января 2028 г. Статистика изменения сопротивления теплопередаче показывает тенденции к увеличению, величины удельного расхода тепловой энергии на отопление при этом постоянно снижаются (рис. 2).

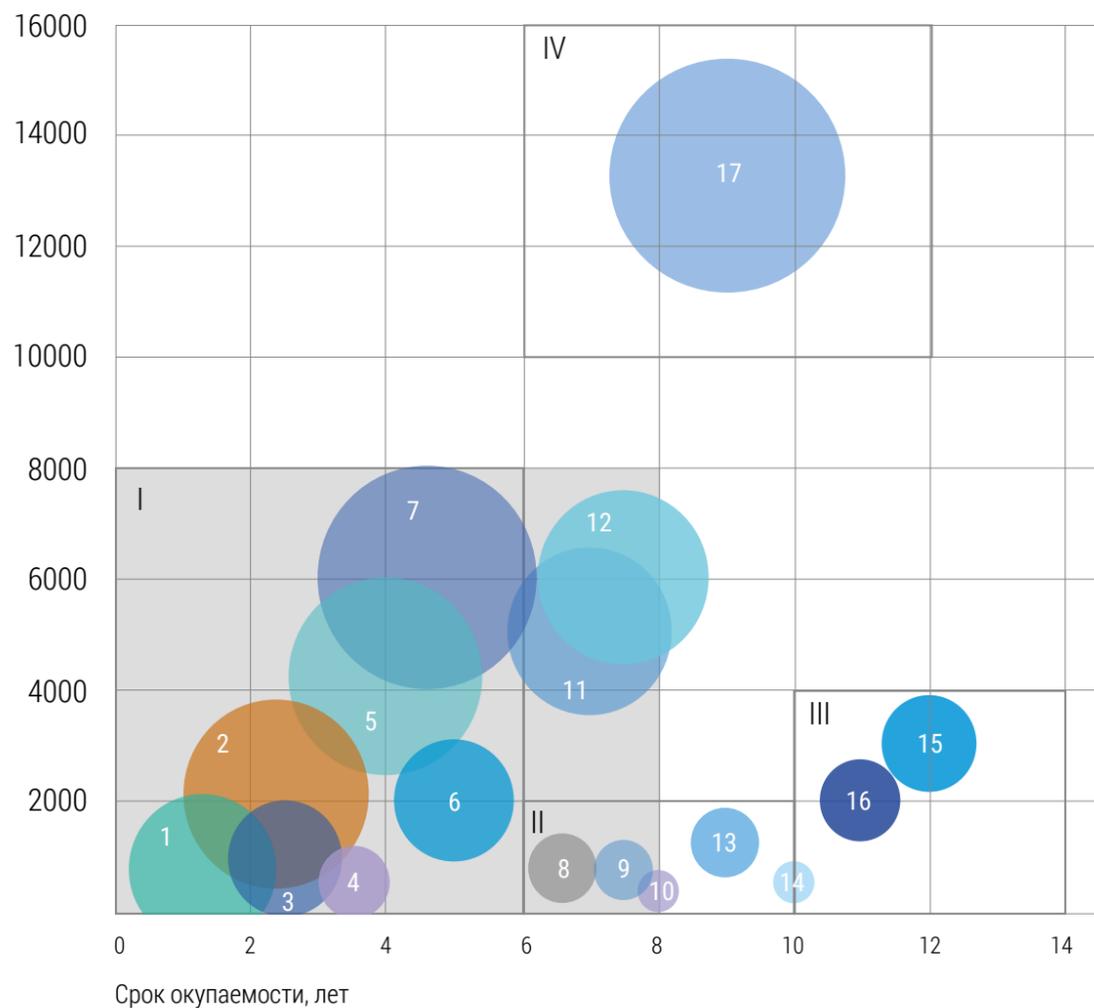
Несмотря на довольно ощутимые эффекты «зеленых» технологий для раз-

личных заинтересованных сторон, в Москве – самом развитом и современном субъекте РФ, всего около 1–1,2 % зданий в настоящее время оснащены различными системами энерго- и ресурсосбережения [13]. В зданиях, которые могут быть отнесены к энергосберегающим с применением «зеленых» технологий, проживает около 40 тыс. человек, работает около 45 тыс. человек, являются посетителями свыше 35 тыс. человек. Это совокупно составляет около 1 % жителей, что крайне мало.

Эффекты от внедрения «зеленого» строительства сильно взаимосвязаны. Оценка экономической эффективности энергосберегающих мер и технологий носит комплексный характер (рис. 3).

Несмотря на довольно ощутимые эффекты «зеленых» технологий в Москве – самом развитом и современном городе РФ, всего 1–1,2 % зданий оснащены системами энерго- и ресурсосбережения

Стоимость мероприятия, тыс. руб.



1. Ограничители водораздачи до 4 л/мин; 2. Светодиодные светильники; 3. Стабилизация напряжения; 4. Переход на пониженное теплотребление в нерабочее время, праздничные и выходные дни; 5. Индивидуальные приборы авторегулировки систем отопления; 6. Рекуператор тепловой энергии с промежуточным теплоносителем в приточных вентиляционных системах; 7. Узел регулирования с погодозависимой автоматикой; 8. Промывка системы теплоснабжения; 9. Двухпозиционная арматура сантехнических приборов; 10. Солнечный водонагреватель 500 л.; 11. Установка частотных преобразователей на электродвигателях вентиляторов; 12. Система комплексного сбережения воды (сенсорные смесители, регуляторы давления и напора); 13. Солнечная электростанция мощностью 45 кВт; 14. Рекуперация в лифтовых установках; 15. Применение высокоэффективной тепловой изоляции воздуховодов; 16. Система управления освещением; 17. Тепловой насос 100–120 кВт в комплекте с буферным теплоаккумулятором объёмом 2,4 м³

Рис. 3. Распределение энергосберегающих решений для типового муниципального здания многофункционального назначения в координатах стоимости и окупаемости

Распространённый набор энергосберегающих технологий, реализуемых при капитальном ремонте многоквартирных домов и зданий муниципального назначения, при относительно незначительном повышении капитальных затрат ($\approx 6\div 7$ тыс. руб./м² в ценах 2022 г.) позволяет улучшить инженерные системы и ограждающие конструкции здания до передовых показателей: $Q=0,09\div 0,06$ Гкал/м³ в год; потребление воды 60÷80 л/чел. в сут.; удельная отопительная характеристика 0,25÷0,20 Вт/м³·К.

Примером подобного здания офисного назначения может служить жилой дом, р-н Клинский, р. п. Решетниково. Здание 2014 г. постройки. Общая площадь здания 2 561 м², жилая площадь 2 030 м². Здание имеет 3 этажа, 56 квартир, проживают 112 человек. В системе отопления здания установлены 3 тепловых насоса КОРСА 55 (Россия) общей тепловой мощностью 165 кВт. В системе ГВС здания установлен тепловой насос мощности 55 кВт зимой и до 100 кВт летом [14]. За счёт применения трех тепловых насосов в системе отопления, одного теплового насоса для подготовки горячей воды, рекуперации воздуха и утепления

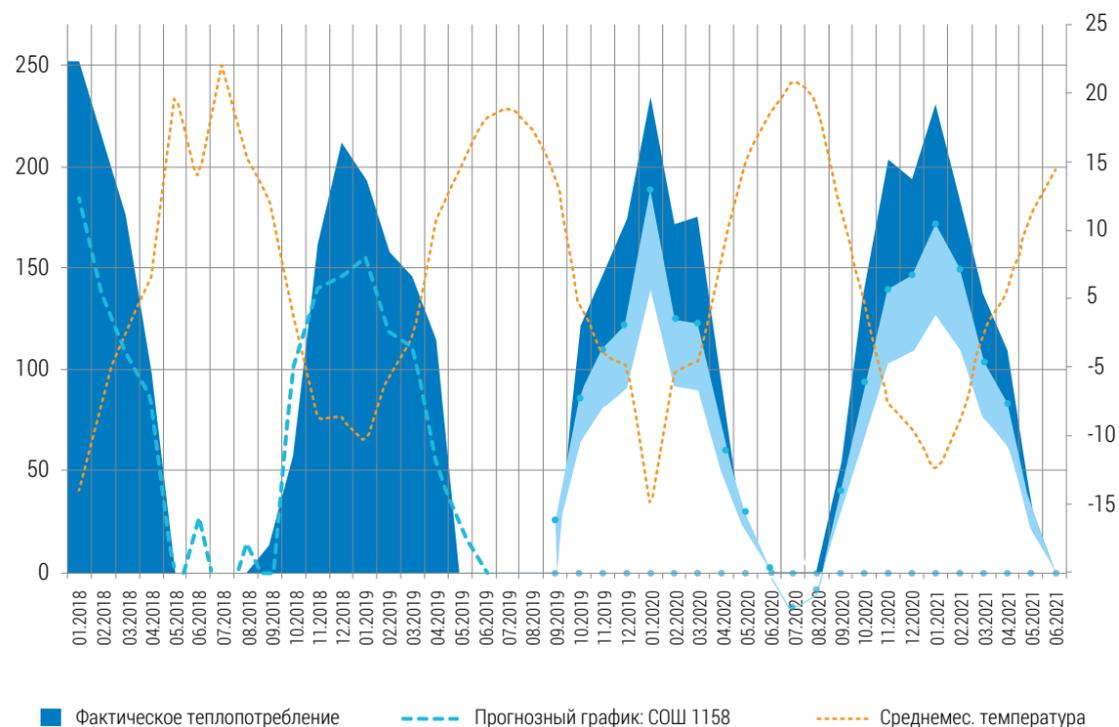
стен здания, годовые затраты на отопление уменьшились на 80 %. Годовые затраты на горячее водоснабжение сократились в 1,5 раза. Снижение экологической нагрузки от внедрения энергосберегающих мероприятий составляет не менее 169 т у. т. (268,8 т CO₂) в год: в системе теплоснабжения – 50,8 т у. т. в год; в системе электроснабжения – 118 т у. т. в год.

Другим примером является Многопрофильный центр образования (школа № 2098 и дет. сад «Дубравушка»). Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания составляет 27,7 кДж/м³·°С·сут. Выполненные решения по энергосбережению: система энергосбережения Sunways; утепление кровли и подвала здания; светодиодное освещение. Снижение экологической нагрузки от внедрения энергосберегающих мероприятий составляет не менее 5,6 т у. т. (8,8 т CO₂) в год; в системе теплоснабжения – 3,95 т у. т. в год; в системе электроснабжения – 1,6 т у. т. в год.

На основании данных, полученных от упомянутых и других передовых зданий с реализованным комплексом энергосберегающих технологий, посредством

Рис. 4. Диапазон возможных прогнозных значений (область с горизонтальной штриховкой) потребления тепловой энергии, точность прогнозной функции 93,69 %

Потребление энергоресурса, Гкал/мес. Среднемесячная температура уличного воздуха, °С.



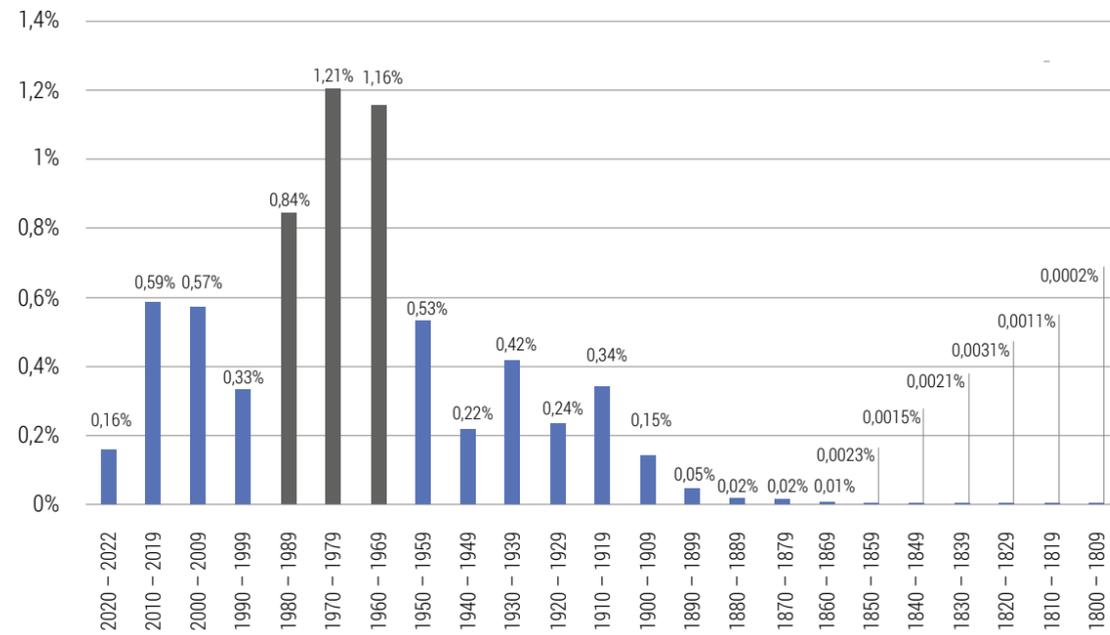


Рис. 5. Вклад в снижение потребления тепловой энергии при повышении класса энергоэффективности на один уровень для МКД г. Москвы, построенных в различные периоды времени

обучения ИНС становится возможным сформировать типовые профили зданий. Обученная модель ИНС позволяет рассчитать прогнозируемое потребление тепловой энергии (рис. 4) и эффект от будущей модернизации объектов. Прогноз имеет характер диапазона возможных значений.

На основании полученных групп ИНС типовых проектов здания становится возможным выполнить прогноз эффекта от проведения модернизации типовых зданий г. Москвы. Различные исходные данные позволяют сформировать прогнозный диапазон ожидаемых значений для различных вариантов улучшений типовых проектов.

Суммарная годовая экономия тепла при проведении капитального ремонта и повышения класса энергоэффективности многоквартирных домов и бюджетных зданий в Москве может достигнуть 6858,5 Гкал

Проведённая оценка МКД и зданий бюджетной сферы города Москвы, построенных по типовым проектам, позволила рассчитать эффекты от возможной реализации программы капитального ремонта с реализацией мероприятий, направленных на повышение класса энергетической эффективности зданий на один уровень (рис. 5). Суммарная годовая экономия потребления тепловой энергии в таком случае составляет 6 858,5 Гкал.

Источником используемых метеорологических факторов являются открытые данные. Измерение производится в нескольких специально оборудованных зонах на территории Москвы. При этом фактическое расположение анализируемых зданий может быть существенно удалено от точки измерения. Для моделируемых зданий, располагающихся вдоль проспектов, иными будут не только показатели температуры и влажности, но и интенсивность обдувания ветром. Это существенно воздействует на теплообмен здания с окружающей средой.

Прогнозные функции тем точнее, чем более чётко определены границы уровней энергосистем с учётом особенностей их энергетического и технологического уклада. Предложенные индикаторы градации

уровней систем теплоснабжения нуждаются в доработке с учётом реалий Российской Федерации, где некоторые мегаполисы по всем техническим характеристикам превосходят некоторые регионы.

В статье показан набор возможных энергосберегающих решений для типового муниципального здания, позволяющий улучшить инженерные системы и ограждающие конструкции здания до передовых показателей: $Q=0,09\div 0,06$ Гкал/м³ в год; потребление воды 60÷80 л/чел. в сут.; удельная отопительная характеристика $0,25\div 0,2$ Вт/м³·К. Модернизация здания офисного назначения снижает годовые затраты на горячее водоснабжение в 1,5 раза; прогнозируемое снижение экологической нагрузки в системе теплоснабжения на 50,8 т у. т. в год; в системе электроснабжения – 118 т у. т. в год. Моделирование с применением нейронных сетей показало точность прогнозной функции 93,69 %.

Приведённый в статье подход позволяет выполнить уточнённый расчёт эффективности вложения бюджетных средств при проведении кап. ремонта МКД. При повышении класса энергоэффективности МКД г. Москвы на один уровень, суммарный рассчитанный эффект составляет 6,86 % всего потребления тепловой энергии. Наибольший эффект прогнозируется для 18 801 шт. МКД, построенных в период с 1960 по 1989 гг., и составляет 3,21 % (6 858,5 Гкал) относительно суммарного городского потребления тепловой энергии.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка нейросетевого программного обеспечения по прогнозированию спроса на тепловую энергию объектами массового строительства города Москвы» при поддержке гранта НИУ «МЭИ» на реализацию программы научных исследований «Приоритет 2030: Технологии будущего» в 2022–2024 гг.

Использованные источники

1. Информация о домах в России [Электронный ресурс]: <https://dom.mingkh.ru/> (дата обращения: 15.11.2022).
2. Информационная система энергосбережения Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы [Электронный ресурс]: <https://ise.mos.ru/> (дата обращения: 15.11.2022).
3. Приказ Министерства жилищно-коммунального хозяйства РСФСР от 4 августа 1981 г. № 420 «Об утверждении и введении в действие «Правил технической эксплуатации гостиниц и их оборудования» [Электронный ресурс]: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzhilkomkhoza-rsfsr-ot-04081981-n-420/> (дата обращения: 15.11.2022).
4. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ [Электронный ресурс]: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 15.11.2022).
5. Государственная корпорация – Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства [Электронный ресурс]: <https://www.reformagkh.ru/overhaul/overhaul/sf?tid=2280999> (дата обращения: 15.11.2022).
6. В Москве начинается капремонт первых 400 домов [Электронный ресурс]: <https://versia.ru/v-moskve-nachinaetsya-kapremont-pervyx-400-domov> (дата обращения: 15.11.2022).
7. В Москве строится порядка 170 домов по программе реновации [Электронный ресурс]: <https://stroi.mos.ru/news/v-moskve-stroitsia-poriadka-170-domov-po-proghrammie-rienovatsii> (дата обращения: 15.11.2022).
8. Гужов С.В. Об объединении детерминированного и стохастического подходов при прогнозировании теплового баланса здания для занятий водными видами спорта // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. Том 22. №1, 2020. С. 103–112.
9. Гужов С.В. Прогнозирование спроса на электрическую энергию изолированной энергетической системой города // Энергетическая политика. №6 (148), 2020. С. 50–57.
10. ГОСТ Р 54531-2011 «Нетрадиционные технологии. Возобновляемые и альтернативные источники энергии. Термины и определения» [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200097331> (дата обращения: 15.11.2022).
11. Приказ Росстандарта от 28.11.2011 г. № 610-ст «Об утверждении национального стандарта» [Электронный ресурс]: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-rosstandarta-ot-28112011-n-610-st-ob-utverzhenii-natsionalnogo/> (дата обращения: 15.11.2022).
12. Лифчак И.В. Европейская тенденция повышения теплозащиты зданий: как она реализуется в России? [Электронный ресурс]: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5033 (дата обращения: 15.11.2022).
13. 50 объектов «зеленого строительства» московского региона / Гашо Е.Г. и колл. авт. // Мониторинг энергетической и экологической эффективности «зеленых» зданий и сооружений. 2021. [Электронный ресурс]: https://energiavita.ru/wp-content/uploads/2022/01/50_objektov_zelenogo_srtoitelstva.pdf (дата обращения: 15.11.2022).
14. В поселке Решетниково Клинского района завершено строительство энергоэффективного дома [Электронный ресурс]: <https://www.corsaltd.ru/новости/в-поселке-решетниково-клинского-района-завершено-строительство-энергоэффективного-дома/> (дата обращения: 15.11.2022).
15. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Приказ от 6 июня 2016 года № 399/ПР «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/420369798> (дата обращения: 15.11.2022).

Анализ эффективности применения накопителей энергии в различных типах электроэнергетических систем

Analysis of the efficiency of energy storage in various types of electric power systems

Валентин ДЗЕДИК

Первый проректор, д. э. н., профессор кафедры прикладной информатики и математических методов в экономике, ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»
E-mail: nrprorector@volsu.ru

Valentin DZIEDIK

Doctor of Economics, First Vice-Rector, Professor of the Department of Applied Informatics and Mathematical Methods in Economics, Volgograd State University
E-mail: nrprorector@volsu.ru

Ирина УСАЧЕВА

Доцент кафедры прикладной информатики и математических методов в экономике, к. э. н., ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»
E-mail: zeppelin89@volsu.ru

Irina USACHEVA

PhD in Economics, Associate Professor, Department of Applied Informatics and Mathematical Methods in Economics, Volgograd State University
E-mail: zeppelin89@volsu.ru

Анастасия МОТКОВА

Ассистент кафедры прикладной информатики и математических методов в экономике, ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»
E-mail: 324250@volsu.ru

Anastasia MOTKOVA

Assistant Professor, Department of Applied Informatics and Mathematical Methods in Economics, Volgograd State University
E-mail: 324250@volsu.ru

Аннотация. В настоящее время значительно увеличивается спрос на использование альтернативных источников электроэнергии для поддержания стабильной работы энергосистем на предприятиях различного уровня. Для рационального и эффективного внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) одним из необходимых условий является использование систем накопления электрической энергии (СНЭЭ). В данной статье приведен анализ динамики фактических расходов электроэнергии на единицу отдельных видов произведенной продукции и услуг в РФ, долей электрической энергии, производимой с использованием ВИЭ, а также структуры целевого использования СНЭЭ.

Ключевые слова: накопители энергии, электроэнергетические системы (ЭЭС), энергоэффективность, ВИЭ, СНЭЭ.

Abstract. At present, the demand for the use of alternative sources of electricity to maintain stable operation of power systems at enterprises of various levels is significantly increasing. For the rational and efficient introduction of renewable energy sources (RES), one of the necessary conditions is the use of electric energy storage systems (SNEE). This article provides an analysis of the dynamics of actual electricity consumption per unit of certain types of products and services produced in the Russian Federation, the share of electric energy produced using RES, as well as the structure of the target use of SNEE.

Keywords: energy storage, electric power systems (EES), energy efficiency, RES, SNEE.



В среднем КПД любой отдельно взятой системы накопления энергии по группе имеет положительный показатель, равный примерно 86,7%

В современных реалиях для всех потребителей и производителей электроэнергии вопрос об эффективности использования электроэнергетических систем, становится популярной фабулой исследования. Актуализация рассматриваемого вопроса обуславливается повышением спроса на потребление электроэнергии в различных типах электроэнергетических систем.

Рис. 1 иллюстрирует стабильный рост фактического расхода электроэнергии на единицу отдельных видов произведенной продукции и услуг в РФ за 2017–2021 гг. В 2021 г. данный показатель в целом вырос на 17 % в сравнении с 2020 г.

и на 36 % в сравнении с 2017 г. При этом видно изменение структуры отпуска электроэнергии. Так, в 2017 г. наибольшую долю (46 %) составляла электроэнергия, отпущенная блок-станциями ТЭЦ, а в 2021 г. ее доля снизилась до 34,7 %, что обусловлено ростом использования дизельных электростанций (их доля в общем отпуске выросла с 6,5 % в 2017 г. до 22,5 % в 2021 г.).

Большинство организаций, как коммерческой, так и промышленной направленности, применяют в своей инфраструктуре многофункциональные технологии, априори влияющие на качество производства и передачи электроэнергии. Из-за масштабного применения электроэнергии в жизнедеятельности предприятий, количество которых с каждым годом возрастает, а нагрузка потребления увеличивается, происходит снижение качества передачи энергии и возникновение перебоев в работе и сети. В связи с этим, возникает необходимость рационализации использования энергоресурсов в различных типах электроэнергетических систем (ЭЭС) [1, с. 165]. Основной задачей ЭЭС является стабильное обеспечение энергоснабжения при едином регулировании процессов производства, передачи и распределения электроэнергии. Другими словами, ЭЭС отвечает за обеспечение централизованной передачи электроэнергии для использования на предприятиях. Поэтому, для того чтобы электроэнергия расхо-

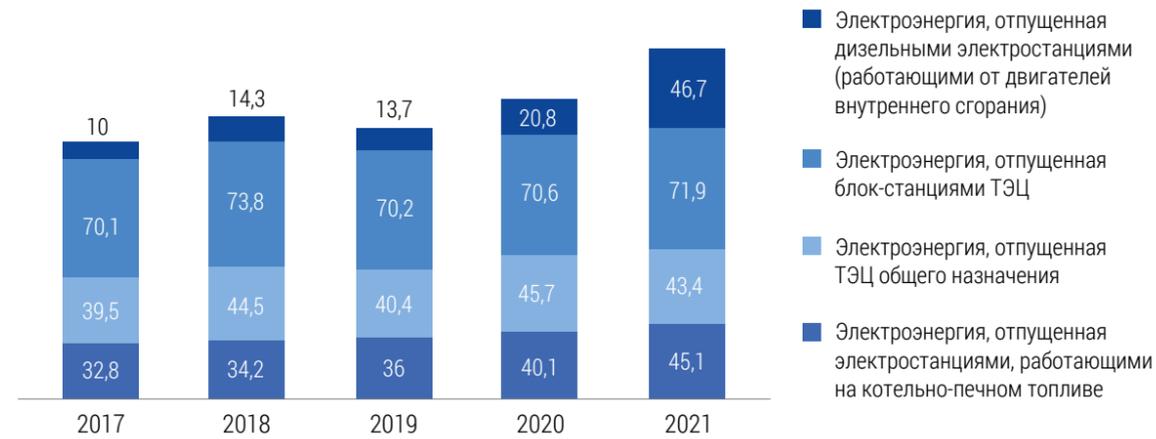


Рис. 1. Фактический расход электроэнергии (МВт·ч) на единицу отдельных видов произведенной продукции и услуг в РФ за 2017–2021 гг.

Источник: [4]

довалась пропорционально, без внеплановых потерь и нагрузок, разрабатываются и применяются разнообразные способы повышения эффективности использования электроэнергии. Одним из решений данной проблемы является применение систем накопления электроэнергии (СНЭ).

СНЭ представляют собой комплексное, интегрированное решение по накоплению электрической энергии, ее преобразованию и дальнейшему использованию [3, с. 148]. Принцип работы накопителей энергии в различных типах электроэнергетических систем заключается в следующем: в момент снижения нагрузки на сеть – накопитель заряжается, то есть, накапливает энергию в резервы; а в момент максимальной нагрузки, наоборот, отдает зарезервированную энергию из накопителя.

Сейчас использование систем накопления электрической энергии набира-

ет все большую популярность в работе промышленных предприятий [8]. Ведь именно промышленные организации являются самыми крупными потребителями топливно-энергетических ресурсов, а повышение энергоэффективности – является приоритетным фактором снижения производственных затрат, который положительно отражается на прибыли компаний-производителей [2, с. 15]. Соответственно, активное использование на предприятиях накопителей энергии, выявляет следующий ряд достоинств:

- уменьшение потерь электроэнергии;
- возможность экономии;
- рационализация использования электроэнергии;
- снижение потерь и прерываний, в период максимальной нагрузки.

В качестве доказательства результативности применения накопителей энергии был проведен анализ:

1. Долей электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме производства электрической энергии в РФ.
2. Классификаций накопителей энергии с оценкой КПД по коэффициенту полезного действия.
3. Динамики ввода в эксплуатацию СНЭ, а также структуры их целевого использования.

Динамика долей электрической энергии, производимой с использованием



Загорская ГАЭС

Источник: proelektriky.ru

возобновляемых источников энергии в Российской Федерации, представлена на рис. 2 [4].

Доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме производства электрической энергии с 2017 г. стабильно увеличивалась. Наибольший рост был в 2020 г., что обусловлено активным использованием альтернативных источников электроэнергии потребителями в период самоизоляции (пандемии).

Классификация накопителей энергии

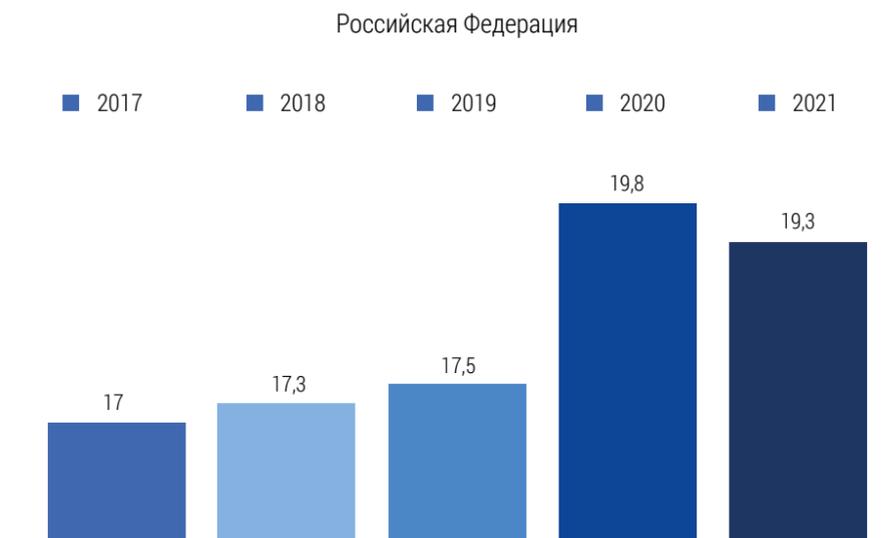
Существуют три основные функциональные категории накопителей энергии [5, с. 30]:

1. Крупномасштабные накопители.
2. Быстроразряжаемые накопители.
3. Системы накопления на базе аккумуляторов.

В настоящий момент времени уже разработано большое количество способов и методов накопления энергии. Между со-

Рис. 2. Доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме производства электрической энергии за 2017–2021 гг. в РФ

Источник: [4]



Создание систем накопления энергии является одним из самых быстрорастущих секторов электроэнергетики в мире. За 10 лет он вырос в 48 раз, среднегодовые темпы роста составили 47 %

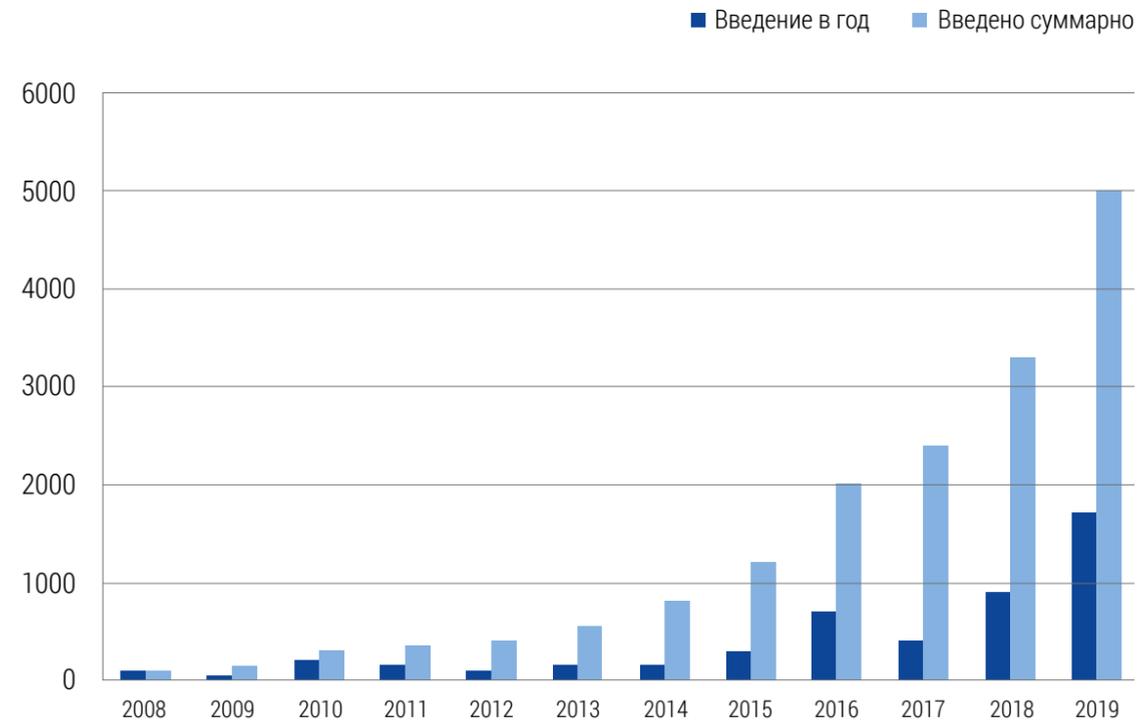


Рис. 3. Динамика ввода СНЭ в мире за 10 лет

Источник: [6]

бой они разделяются на несколько групп, которые, в свою очередь, подразделяются на подгруппы (см. таблицу 1).

По результатам таблицы можно сделать вывод о том, что в среднем КПД любого отдельно взятого накопителя в группах имеет положительный показатель = 86,7%. Это говорит о целесообразности внедрения и высокой эффективности использования накопителей энергии на предприятиях.

Динамика ввода в эксплуатацию СНЭ и структура их целевого использования

В настоящее время, СНЭ являются одним из самых быстрорастущих и популярных секторов электроэнергетики в мире. За 10 лет данный сектор вырос в 48 раз, среднегодовые темпы роста к 2019 г. составили 47% (рис. 3) [6]. В России эксплуатация СНЭ в большей степени осуществляется на трех крупных ГАЭС: Загорская ГАЭС-1 (1,2 ГВт), Кубанская ГАЭС (15,9 ГВт) и Зеленчукская ГЭС-ГАЭС (320 ГВт). Также существует ряд проектов на стадии реализации [10–11].

В России эксплуатация систем накопления энергии в большей степени осуществляется на трех ГАЭС: Загорская ГАЭС-1 (1,2 ГВт), Кубанская ГАЭС (15,9 ГВт) и Зеленчукская ГЭС-ГАЭС (320 ГВт)

Ранее было указано, что одним из достоинств применения накопителей энергии является регулирование частоты и уменьшение пиковой нагрузки потребления электроэнергии. Структура целевого использования СНЭ графически представлена на рис. 4.

Согласно рис. 4 одними из главных показателей целевого использования СНЭ являются: регулирование частоты – 55%, смещение графика нагрузки = 13% и снижение счета потребителя – 12%. В настоящее время, большинство проектов, направленные на внедрение

Суперконденсатор на нанотрубках

Источник: Global Look Press / smotrim.ru

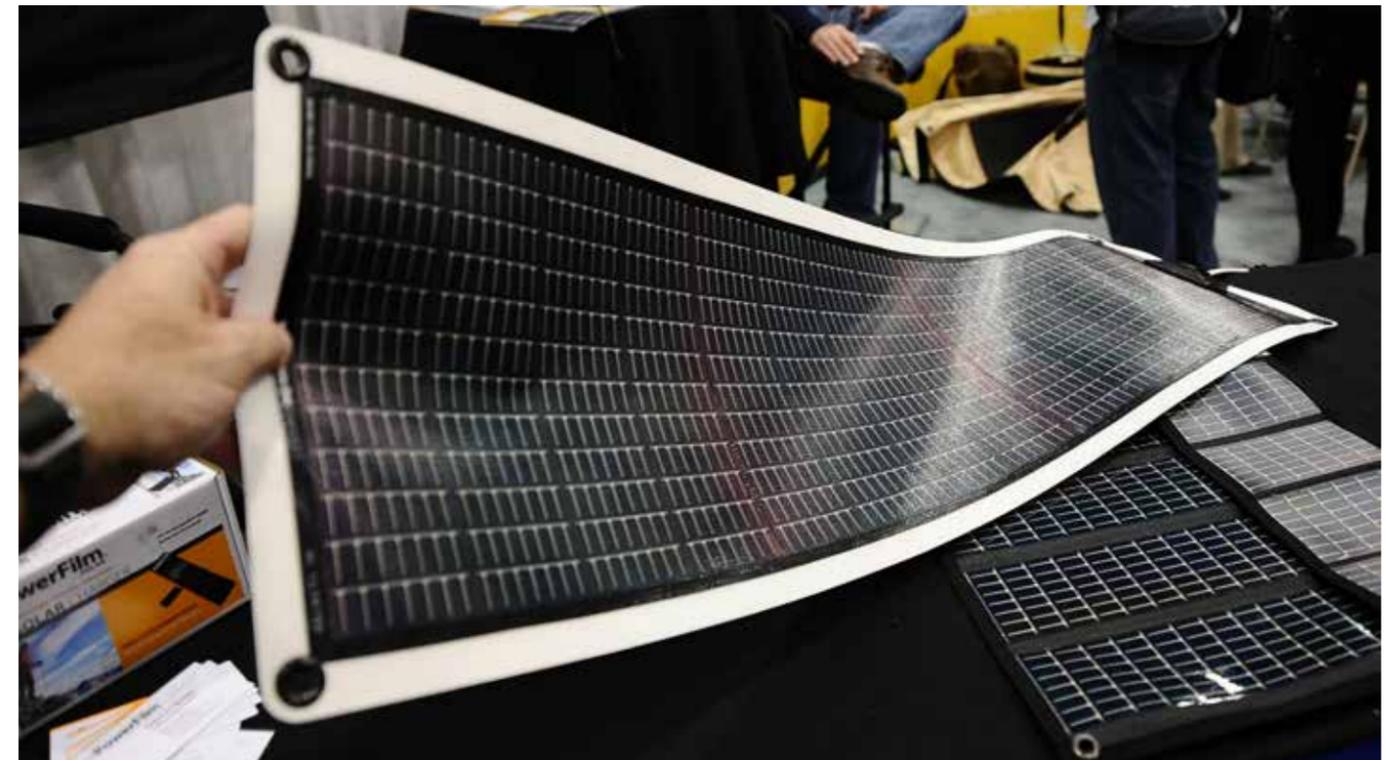


Таблица 1. Группы накопителей энергии

Источник: [5, с. 30–33]

Наименование группы	Наименование подгруппы	КПД, %	
Механические накопители	1. Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС)	65–85	
	2. Гидравлические аккумуляторы	95	
	3. Аккумуляторы сжатого воздуха (CAES)	40–55	
	4. Супермаховик (FESS)	85–98	
	5. Железнодорожные накопители (ARES)	68	
Электрические накопители	6. Конденсатор	92	
	7. Сверхпроводящий индуктивный накопитель	95	
	Электрохимические накопители	8. Электрохимические аккумуляторы	90–95
		9. Проточные аккумуляторы	65–70
10. Суперконденсаторы (ионисторы)		90–95	
	11. Ультрабатарея	85–90	
Термальные накопители	–	90	
Химические накопители	12. Водородная энергетика	80	
	13. Получение метана	–	
Среднеарифметический показатель КПД, %		86,7	

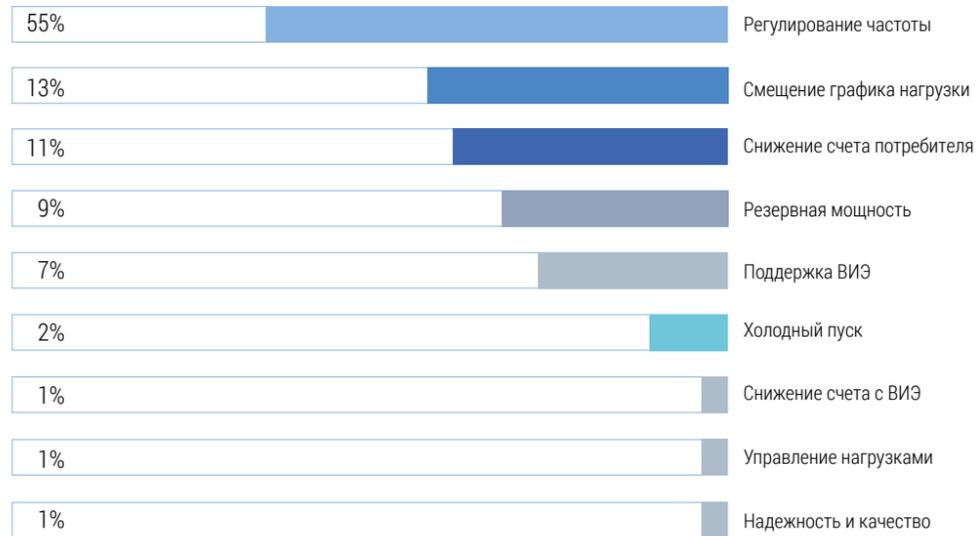


Рис. 4. Структура целевого использования СНЭ

Источники: база данных DOE, анализ АО «Фонд «Форсайт»

и использование на предприятиях накопителей энергии, охватывают достижение представленных выше показателей. Так, например, существуют проекты СНЭ [9], функционал которых направлен на применение:

- интеграции ВИЭ в энергосистему;
- обеспечения устойчивой работы ГПУ;
- изменения графика энергопотребления для снижения расходов на электроэнергию;
- срезания пиковой мощности для исключения необходимости сетевого строительства;

- обеспечения бесперебойного питания;
- повышение динамической устойчивости.

Основываясь на результатах проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

1. Накопители энергии – это актуальный, а главное, действительно, рациональный проект, направленный на регулирование и рационализацию использования электроэнергии на предприятиях. Благодаря анализу КПД накопителей подтвержден положительный опыт применения СНЭ.

Использованные источники

1. Петрова Е. А., Усачева И. В., Ревенко В. Г. Стратегии поведения промышленного предприятия на энергетических рынках как инструмент реализации принципа рационального поведения / Е. А. Петрова, И. В. Усачева, В. Г. Ревенко. – Текст: непосредственный // Региональная экономика. Юг России. 2021. Т. 9. № 1. С. 163–174. DOI: 10.15688/re.volsu.2021.1.14.
2. Дзедик В. А., Усачева И. В. Управление энергоэффективностью промышленного предприятия / В. А. Дзедик, И. В. Усачева. – Текст: непосредственный // Энергетика и цифровизация: теория и практика трансформации: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию «Плана ГОЭЛРО» и 55-летию ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики РФ, Волгоград, 19 ноября 2021 года / Волгоградский центр научно-технической информации – филиал

- ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики Российской Федерации. Волгоград, 2021. С. 14–22. DOI: 10.52347/9785604619513_14.
3. Мазуров А. Ю. Накопители электрической энергии / Мазуров А. Ю. – Текст: непосредственный // СНТК 73 «Актуальные проблемы энергетики». Секция 1 «Электрические станции»: материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов БНТУ // Белорусский национальный технический университет. Минск, 2017. – URL: <http://electro.bntu.by/content/view/321/1/>
4. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11189> (дата обращения 08.11.2022). – Текст: электронный.
5. Козлов С. В., Киндряшов А. Н., Соломин Е. В. Анализ эффективности систем накопления энергии / Козлов С. В., Киндряшов А. Н., Соломин Е. В. – Текст: непосредственный // Альтернативная энергетика и экология. 2015. Т. (2). С. 29–34. – URL: <https://doi.org/10.15518/isjeee.2015.02.004> (дата обращения: 02.11.2022).



Водородный накопитель

Источник: rosatomnewsletter.com

2. С каждым годом накопители энергии обретают все большую популярность, на что указывает динамика долей использования электроэнергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии.
3. Структура использования накопителей энергии наглядно демонстрирует эффективность применения СНЭ. Существует баланс и рационализированные способы распределения электроэнергии без потерь и перебоев.

В заключении, стоит отметить, что накопители энергии, все еще развивающийся

механизм в сегменте электроэнергетических систем, что говорит о возможных повышениях эффективности и усовершенствования применения накопителей. Благодаря статистике и динамике потребления энергии, а также КПД использования накопителей, можно сделать вывод о том, что накопители энергии сейчас – это актуальный способ рационализации работы систем энергоснабжения на предприятиях.

Исследование поддержано грантом Президента РФ, проект № МК-2776.2022.1.6. (соглашение № 075-15-2022-597 от 06.05.2022 г.).

6. Применение систем накопления энергии в России: возможности и барьеры // Инфраструктурный центр EnergyNet – Экспертно-аналитический отчет. Москва, 2019 (дата обращения 10.11.2022). – Текст: электронный.
7. Гладкая Е. А., Усачева И. В. Принятие решений по управлению системой электроснабжения промышленного предприятия на основе возобновляемых источников энергии / Е. А. Гладкая, И. В. Усачева. – Текст: непосредственный // Системное моделирование социально-экономических процессов: труды 43-й Международной научной школы-семинара. Воронеж, 13–18 октября 2020 г. / Под редакцией В. Г. Гребенникова, И. Н. Щепиной. – Воронежский государственный университет. Воронеж, 2020. С. 216–219.

8. Накопительная энергетика: «зеленая» инновация для сохранения энергии // Группа «Деловой профиль». – Аналитическое исследование. – Накопительная энергетика. 2021. – Текст: электронный.
9. Нестеренко Г., Мельников В. Системы накопления электрической энергии. Подходы к оценке проектов / Нестеренко Г., Мельников В. // ООО «Системы накопления энергии». 2020. – Текст: электронный.
10. Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития / Под ред. Ю. Удальцова, Д. Холкина // Центр стратегических разработок. Москва, 2018. – Текст: электронный.
11. Применение систем накопления энергии в России: возможности и барьеры / Под ред. Д. В. Холкина, Д. А. Корева // Инфраструктурный центр EnergyNet. Москва, 2019. – Текст: электронный.

Роль природного газа в энергетическом переходе Африки

The role of natural gas in Africa's Energy Transition

Алексей МАСТЕПАНОВ

Главный научный сотрудник ИПНГ РАН,
д. э. н., профессор РГУ нефти и газа
им. И.М. Губкина, академик РАЕН
E-mail: amastepanov@mail.ru

Alexey MASTEPANOV

Chief Researcher of the Oil and Gas Research
Institute of the Russian Academy of Sciences (OGRI RAS),
Dr. of economic sci., professor of the National University
of Oil and Gas («Gubkin University»), academician of the
Russian Academy of Natural Sciences
E-mail: amastepanov@mail.ru

Газоконденсатное месторождение Хасси-Рмель, Алжир

Источник: hirmagazin.eu



||

Почти 600 млн африканцев живут без электроснабжения, при этом почти 1 млрд жителей не имеет доступа к чистой энергии для приготовления пищи

Энергетический переход и достижение углеродной нейтральности в последние годы стали основными трендами развития глобальной энергетики и экономики. При этом отношение к природному газу

и его роли в будущем энергообеспечении в настоящее время в разных странах различное. В Европейском союзе, в развитых странах Юго-Восточной Азии и АТР (Японии, Республике Корея, Австралии) достижение углеродной нейтральности и целей энергетического перехода связывают, прежде всего, с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Так, в Евросоюзе считают, что от использования природного газа страны ЕС откажутся уже в самое ближайшее время. В то же время в большинстве стран Южной и Восточной Азии и Африки отношение к природному газу иное – здесь его по-прежнему считают основным переходным энергоресурсом на пути достижения конечных целей энергетического перехода.

Страны Африки в целом разделяют основные идеи стратегии достижения углеродной нейтральности и цели энергоперехода, поскольку в полной мере ощущают на себе и последствия глобального изменения климата, и прогрессирующее загрязнение окружающей природной среды. Кроме того, для этих стран характерны энергетическая бед-

Аннотация. Статья посвящена анализу роли природного газа в энергетическом переходе Африки. Показано, что африканские страны в силу присущих им проблем объективно заинтересованы в энергопереходе и в целом разделяют его основные цели. В то же время в большинстве стран Африки отношение к природному газу иное, чем в развитых государствах, особенно в странах ЕС, связывающих достижение целей энергоперехода с использованием возобновляемых источников энергии. В Африке природный газ по-прежнему считают основным переходным энергоресурсом на пути достижения конечных целей энергетического перехода. Проведен анализ взглядов на эту проблему специалистов Международного газового союза и Международного энергетического агентства, сделано предположение об ангажированности последнего в пользу Евросоюза.

Ключевые слова: энергетический переход, достижение углеродной нейтральности, природный газ, Африка, структура энергоснабжения, газификация, эмиссия парниковых газов, возобновляемые источники энергии, Международный газовый союз, Международное энергетическое агентство.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the role of natural gas in the energy transition in Africa. It is shown that African countries, due to their inherent problems, are objectively interested in the energy transition and generally share its main goals. At the same time, in most African countries, the attitude towards natural gas is different than in developed countries, especially in the EU countries, which associate the achievement of energy transition goals, first of all, and mainly, with the use of renewable energy sources. In Africa, natural gas continues to be considered a key transitional energy resource towards achieving the ultimate goals of the energy transition. An analysis of the views on this problem of specialists from the International Gas Union and the International Energy Agency was carried out, and an assumption was made that the latter is biased in favor of the European Union.

Keywords: energy transition, achieving carbon neutrality, natural gas, Africa, energy supply structure, gasification, greenhouse gas emissions, renewable energy sources, International Gas Union, International Energy Agency.

ность, отсутствие доступа для сотен миллионов людей к электроэнергии и чистому топливу в целях приготовления пищи, быстрая индустриализация и ряд других проблем, которые как раз и привели человечество к пониманию необходимости перемен – перехода к более инклюзивной, устойчивой, доступной и безопасной энергетической системе, которая решает эти глобальные проблемы при одновременном обеспечении потребителей всеми необходимыми им видами энергии.

Ряд африканских правительств взял на себя обязательства, связанные с другими важными климатическими и экологическими целями. Повестка дня Африканского союза на период до 2063 г. определяет, что возобновляемые и чистые источники энергии должны стать основой для расширения энергетических систем Африки для обеспечения энергетической безопасности и декарбонизации.

По состоянию на май 2022 г. 53 африканских государства представили в РКИК ООН свои планы действий по смягчению последствий эмиссии парниковых газов и адаптации к изменению климата, во многих из которых содержались просьбы об экономической, финансовой и технической поддержке в наращивании потенциала со стороны стран с развитой экономикой. Именно поэтому, по мнению МЭА, многие из этих планов являются «хотелками», и не включают целевые показатели по сокращению выбросов, а большинство из них являются условными, зависящими от получения финансирования извне¹ [1].

Доказанные запасы газа в Африке оцениваются, по меньшей мере, в 18 трлн м³, что составляет около 8,8% от общемировых. Они особенно значительны в Северной (45%) и Западной (32%) Африке

¹ Только семь африканских стран в ходе COP-26 подписали с Восточноафриканским банком заявление о международной общественной поддержке перехода к чистой энергетике, в котором предусматривается прекращение финансирования электрогенерации на основе ископаемого топлива к концу 2022 г. [1].



Основная масса жителей Африки до сих пор использует дрова как основной энергоресурс
Источник: dtemps / depositphotos.com

В настоящее время почти 600 млн африканцев живут без электроснабжения, в то время как почти 1 млрд не имеет доступа к чистой энергии для приготовления пищи. При этом доказанные запасы природного газа в Африке оцениваются, по меньшей мере, в 18 трлн м³, что составляет около 8,8 % от общемировых запасов [2]. Они особенно значительны в Северной (45 %) и Западной (32 %) Африке, кроме того, коммерческие запасы природного газа были обнаружены и во многих других африканских государствах. В то же время внутренние газовые рынки Африки остаются недостаточно развитыми или вообще не существуют, особенно к югу от Сахары. Поэтому большая часть богатых запасов природного газа в Африке разрабатывается для экспорта за пределы континента. Так, из добытых в 2021 г. 257,5 млрд м³ газа 164,4 млрд ушло на экспорт. Кроме того, на факелах было сожжено 30,3 млрд м³ попутного нефтяного и природного газа [3].

В настоящее время основным источником энергии для африканских стран по-прежнему являются дрова и отходы сельскохозяйственного производства, на долю которых в 2020 г. приходилось 47,4 % всего суммарного энергопотребления континента (рис. 1) [4].

В то же время, по мнению авторов доклада «Газ для Африки» (Gas for Africa. Assessing the Potential for energising Africa),

опубликованного в феврале 2023 г.², газ является идеальным базовым топливом, которое дополняет быстрое освоение возобновляемых источников энергии и обеспечивает экономическую основу для устойчивого развития многих африканских стран. Таким образом, считают они, в рамках справедливого энергоперехода Африка просто нуждается в газе. Когда же не африканские адвокаты энергоперехода призывают к немедленному прекращению использования ископаемого топлива и в глобальном масштабе прекратить финансирование газовых проектов, то упускают из вида, что развивающиеся страны Африки в этом случае пострадают в экономическом и социальном плане [2].

Поставки газа нужны Африке как раз для обеспечения будущего устойчивой энергетике в соответствии с Парижским соглашением. Поэтому использование природного газа – это реальный путь к декарбонизации и укреплению энергосистемы Африки. Сложившаяся структура энергоснабжения Африки в значительной степени зависит

² Доклад «Газ для Африки» (Gas for Africa. Assessing the Potential for energising Africa) был подготовлен компанией Hawilti Ltd в партнерстве с Международным газовым союзом (IGU). Доклад основан на исследовании рынка, общедоступных данных и интервью, проведенных компанией Hawilti Ltd. с различными руководителями государственного и частного секторов по всей Африке. В нем приняли участие Африканская энергетическая комиссия Африканского союза (African Union's African Energy Commission – AFREC) и Африканская финансовая корпорация (Africa Finance Corporation – AFC), которые предоставили критически важную информацию и одобрили ключевые выводы доклада [2].

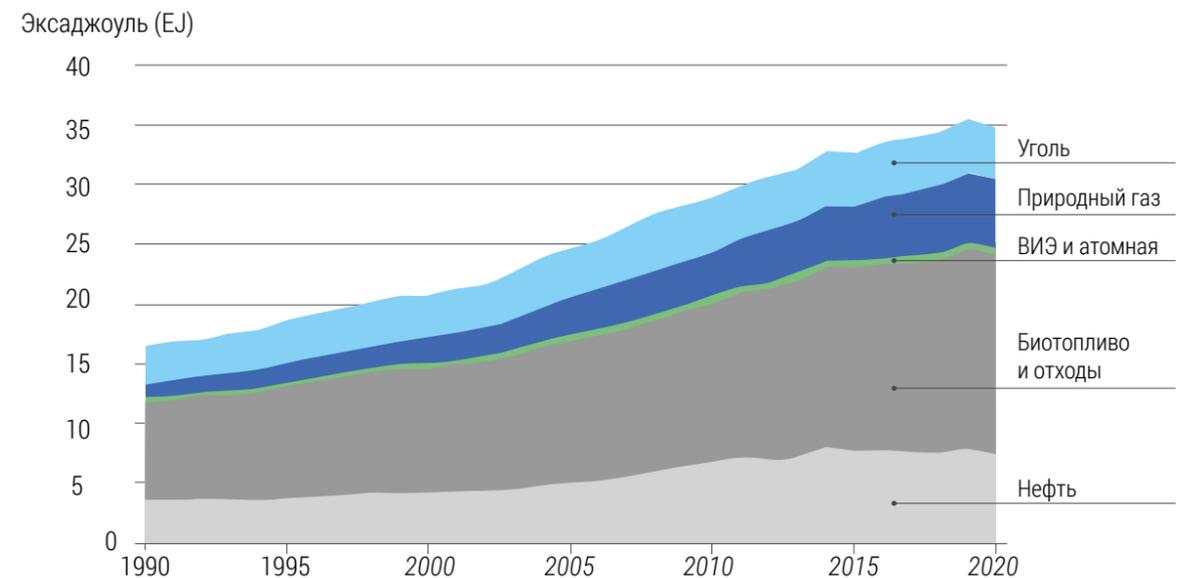
от топлива с высоким уровнем выбросов и загрязнения (рис. 1), включая уголь, нефть и традиционную биомассу. Так, около 60 % выработки электроэнергии на континенте приходится на угольные и дизельные электростанции, в быту и промышленности широко используются керосин и дизельное топливо [2]. Особенно быстро растут выбросы от дизельных электрогенераторов. Исследование, проведенное в 2019 г. Международной финансовой корпорацией (IFC), показало, что на них приходится большая часть выбросов в энергетическом секторе оксидов азота (NO_x) и мелкодисперсных частиц (PM_{2,5}) [5]. Замена дизельного топлива на газ на этих двигателях позволила бы значительно снизить эксплуатационные расходы и воздействие на окружающую среду.

Единичные проекты по переводу на газ угольных ТЭС в настоящее время изучаются в ЮАР и Марокко, а по переводу электростанций с дизельного топлива – в Гане и Сенегале [2].

Понимание необходимости быстрее газификации континента есть как на уровне руководства многих африканских стран, так и на уровне Африканского союза. Но её проведение сталкивается с целым рядом проблем, присущих как развивающимся странам в целом, так и Африке в особенности. Одной из таких специфических проблем является практически полное отсутствие на континенте не только региональных, но и страновых

Рис. 1. Африка. Общий объем энергоснабжения в разбивке по источникам, 1990–2020 гг.

Источник: [4]



электроэнергетических систем – производство и потребление электроэнергии в Африке в основном носит локальный характер. В то же время наибольший экономический и экологический эффект использование природного газа даёт при его сжигании на крупных ТЭС, являющихся естественной составной частью крупных электроэнергетических систем. Поэтому газификация Африки должна идти одновременно и параллельно с развитием надёжных энергосистем и электрических сетей, которые могут интегрировать развитие непостоянных ВИЭ и базовых ГЭС, ТЭС и АЭС, энергии и проложить путь к низкоуглеродному энергетическому балансу континента [2].

Однако, как считает МЭА, переход на природный газ в Африке окажет минимальное влияние на глобальные выбросы парниковых газов. По мнению агентства, хотя в Африке и проживает пятая часть населения земного шара, но на её долю приходится всего 3 % глобальных выбросов. По данным МЭА, если к 2030 г. Африка будет потреблять даже на 50 % (на 90 млрд м³/год) больше природного газа, чем сегодня, совокупные выбросы CO₂ составят всего 10 гигатонн, что

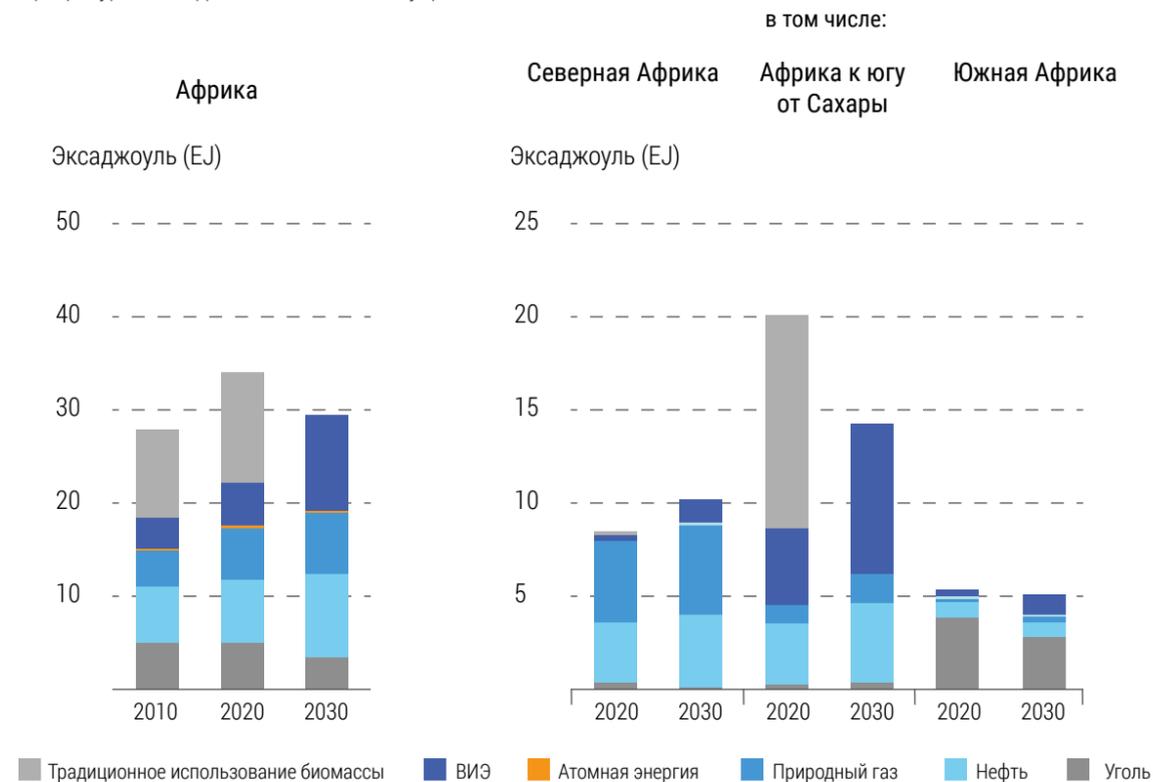
увеличит её долю в глобальных выбросах до 3,5 % к 2050 г. [6].

В целом же, по мнению авторов доклада «Газ для Африки», развивая свои внутренние газовые рынки и переориентируя газ на собственные энергетические потребности, Африка будет способна проводить индустриализацию, создавать рабочие места, диверсифицируя экономику. В результате будет рост производства удобрений для выращивания продуктов питания, развитие нефтехимии для производства потребительских товаров и передовых продуктов, а также рост производства стали и цемента для развития современной инфраструктуры. Кроме того, развитие страновых и региональных рынков газа в Африке предоставит заинтересованным сторонам широкие возможности развития трансграничной торговли и энергетической интеграции на континенте Африканской континентальной зоны свободной торговли (AfCFTA) [2].

Одновременно авторы доклада «Газ для Африки» прогнозируют и быстрый рост экспорта африканского СПГ, производственные мощности по выпуску которого за 2022–2030 гг. вырастут практически вдвое (2).

Рис. 2. Объёмы и структура потребления первичных энергоресурсов в Африке и её основных субрегионах

Источник: [1]



Африка к югу от Сахары Северная Африка

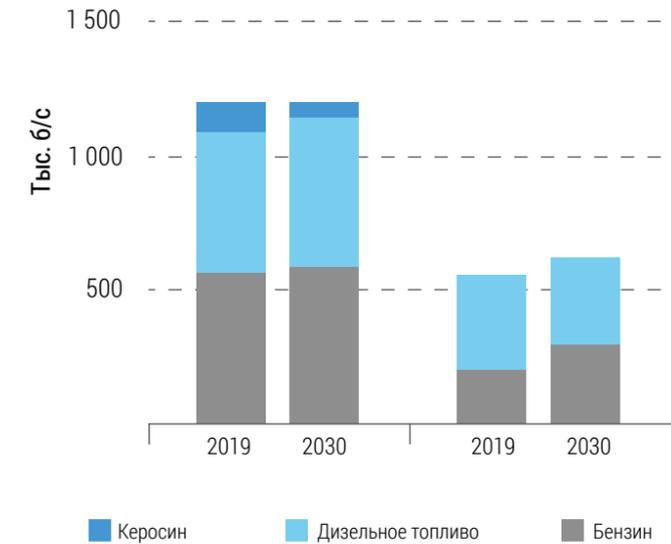


Рис. 3. Чистый импорт моторного топлива в основных субрегионах Африки в сценарии устойчивого развития

Источник: [1]

Естественно, взгляды МЭА на перспективы энергоснабжения Африки и пути её продвижения к энергетическому благополучию и углеродной нейтральности иные. Как отмечается в докладе «Africa Energy Outlook 2022», опубликованном в июне 2022 г., для Африки, с её огромным потенциалом солнечных и других видов ВИЭ, освоение этих ресурсов – магистральный путь к решению основной энергетической проблемы – обеспечению современной и доступной энергией всех африканцев. В МЭА прогнозируют, что в рекомендуемом сценарии устойчивого развития Африки к 2030 г. ВИЭ, включая солнечную, ветровую, гидроэнергетическую и геотермальную энергию, составят более 80 % прироста новых мощностей электрогенерации континента [1].

Общая структура и объёмы потребления первичных энергоресурсов в этом сценарии показаны на рис. 2.

При этом чистый импорт основных нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива и керосина) африканскими странами к 2030 г. не только не снизится, а напротив, возрастёт (рис. 3).

Добыча природного газа в Африке в этом сценарии также вырастет, и вырастет на 15 % в период с 2020 по 2030 гг. Но вырастет главным образом за счёт новых проектов в Египте, Нигерии и Мозамбике, которые направлены не на энергоснабжение самих африканских государств, а на экспорт газа, прежде всего, в Европу. Как считают в МЭА, усилия Европы по сокращению импорта из России могут увеличить потребность в африканском газе на 30 млрд м³ в 2030 г., хотя в долгосрочной перспективе, в соответствии с энергетической политикой ЕС, потенциал такого импорта уменьшается [1]. Не в этом ли состоит основная цель подобного сценария?

Использованные источники

1. Africa Energy Outlook 2022. World Energy Outlook Special Report. IEA, Paris. June 2022. – URL: <https://www.iea.org/reports/africa-energy-outlook-2022>
2. Gas for Africa. Assessing the Potential for energising Africa. IGU. Hawilti Ltd. 2023. 138 p. – URL: <https://www.igu.org/resources/gas-for-africa-report-2023/>
3. bp Statistical Review of World Energy 2022 | 71st edition. – URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf?ysclid=lnet25rp2714880472>
4. Africa. Total energy supply, 2020. – URL: <https://www.iea.org/regions/africa>
5. The Dirty Footprint of the Broken Grid – The Impacts of Fossil Fuel Back-up Generators in Developing Countries, September 2019. – URL: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/2cd3d83d-4f00-4d42-9bdc-4afdc2f5dbc7/20190919-Full-Report-The-Dirty-Footprint-of-the-Broken-Grid.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mR9UpXC>
6. URL: Gas-for-Africa_Press-Release (3).pdf

Правовой статус пользователя недр как особого участника предпринимательской деятельности

Legal status of a subsoil user as a special participant in business activities

Екатерина ТРЕТЬЯКОВА

Аспирант кафедры гражданского права
РАНХиГС, адвокат, Московская коллегия
адвокатов «Правовые решения»

E-mail: katia.tretyakova@gmail.com

Ekaterina TRETAYAKOVA

Post-graduate student of the Department
of Civil Law, RANEPА, Lawyer, Moscow Bar
Association «Legal Solutions»

E-mail: katia.tretyakova@gmail.com

Верхнекамское калийное месторождение

Источник: dobrihomjachok.livejournal.com



Аннотация. Предметом исследования является правовое регулирование статуса пользователей недр. Автор рассматривает доктринальные подходы к правовой природе права пользования недрами и лицензии на право пользования недрами, определяет круг лиц, имеющих право осуществлять пользование недрами и особенности их правового статуса в России и некоторых зарубежных юрисдикциях. Внимание в статье уделяется легальным основаниям деятельности недропользователей, основным квалификационным требованиям, предъявляемым к таким лицам, оборотоспособности права на недра, порядку получения прав на земельный участок в пределах предоставленной лицензии. Исследование базируется на актуальных источниках права, трудах ученых по заявленной теме.
Ключевые слова: недропользование, лицензия на право пользования недрами, недра, добыча полезных ископаемых, правовой статус пользователей недр, лицензирование недропользования, лицензия, передача прав пользования недрами, горное законодательство зарубежных стран, правовой режим недропользования в зарубежных странах.

Abstract. The subject of the research is the legal regulation of the status of subsoil users. The author considers doctrinal approaches to the legal nature of the right to use subsoil and licenses for the right to use subsoil, determines the circle of persons who have the right to use subsoil and the features of their legal status in Russia and some foreign jurisdictions. Attention in the article is paid to the legal grounds for the activities of subsoil users, the main qualification requirements for such persons, the transferability of the right to subsoil, the procedure for obtaining rights to a land plot within the granted license. The study is based on current sources of law, the works of scientists on the stated topic.

Keywords: subsoil use, license for the right to use subsoil, subsoil, mining, legal status of subsoil users, licensing of subsoil use, license, transfer of rights to use subsoil, mining legislation of foreign countries, legal regime of subsoil use in foreign countries.

//

**Недропользователь,
получив право
пользования
недрами, приобретает
и правомочие владения,
но лишь участком
недр, который он
разрабатывает**

Добыча полезных ископаемых представляет собой одну из сложнейших форм экономической деятельности, требующую сбалансированного правового регулирования. С учетом невозобновляемости такого ресурса как полезные ископаемые и неизбежной нагрузки на окружающую

среду в процессе их добычи, извлечение полезных ископаемых должно быть максимально полным, а урон окружающей среде минимальным. Следовательно, первым и главным вопросом для любого государства является то, кому оно готово предоставить право на разведку и добычу полезных ископаемых. И такое право предоставляется особому предпринимателю, чей правовой статус имеет ряд характеристик, ставящих пользователей недр особняком среди прочих участников гражданского оборота.

Круг возможных субъектов недропользования в нашей стране, в первую очередь, закрепляется в законе «О недрах». Пользователями недр, согласно ст. 9 могут быть «юридические лица, созданные в соответствии с законодательством Российской Федерации, индивидуальные предприниматели, являющиеся гражданами Российской Федерации».

Особый круг возможных недропользователей установлен для отдельных видов полезных ископаемых или в зависимости от статуса участка недр:

- только юридические лица могут работать на участках недр **федерального значения**;
- на участках недр **местного значения** для разведки и добычи общераспространенных полезных ископаемых пользователями могут быть субъекты естественной монополии в области железнодорожного транспорта и юридические лица, ведущие работы на автомобильных дорогах общего пользования;
- только юридические лица могут осуществлять добычу драгоценных металлов и драгоценных камней (26.03.1998 № 41-ФЗ «О драгоценных металлах и драгоценных камнях» [1]);
- добыча алмазов ведется юридическими лицами, в которых Российской Федерации, субъектам Российской Федерации и организациям, созданным без участия (прямого или косвенного) иностранных граждан, лиц без гражданства и иностранных юридических лиц, должно принадлежать большинство голосов, учитываемых при принятии решений органами управления таких организаций;
- на участках недр федерального значения континентального шельфа Российской Федерации и территориях, простирающихся на континентальный шельф, пользователями недр могут быть юридические лица, имеющие опыт освоения участков недр континентального шельфа РФ не менее пяти лет, и в которых доля России в уставных капиталах составляет более чем 50 % и (или) в отношении которых Россия имеет право прямо или косвенно распоряжаться более чем 50 % от общего

В отношении правовой природы лицензии на пользование недрами споров нет: ученые сходятся во мнении, что это административный акт, предоставляемый уполномоченным государственным органом



Добыча алмазов в Якутии
Источник: Бионышева Елена / sdelanounas.ru

- количества голосов, приходящихся на голосующие акции, составляющие уставные капиталы таких юридических лиц;
- на условиях соглашений о разделе продукции могут работать только юридические лица, созданные на основе договоров о совместной деятельности и объединения юридических лиц, не имеющие статуса юридического лица;
- на участках недр федерального значения на суше, внутренних морских водах, территориальном море недропользование могут осуществлять юридические лица при возможности правительства установить дополнительные ограничения в отношении юридических лиц с участием иностранных инвесторов;
- добыча радиоактивных веществ доступна только юридическим лицам, имеющим особое разрешение (лицензию);
- на участках недр федерального значения, содержащих газ, может работать собственник Единой системы газоснабжения или организация – собственник региональной системы газоснабжения, т. е. ПАО «Газпром» и его дочерние общества (Федеральный закон от 31.03.1999 г. № 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации» [2]);

- общества – недропользователи, имеющие стратегическое значение выделены в отдельную категорию с установлением особого порядка осуществления инвестиций. Участие иностранных лиц в уставных капиталах хозяйственных обществ, имеющих стратегическое значение для обеспечения обороны страны и безопасности государства ограничено Федеральным законом от 29 апреля 2008 г. № 57-ФЗ «О порядке осуществления иностранных инвестиций в хозяйственные общества, имеющие стратегическое значение для обеспечения обороны страны и безопасности государства» [3].

Отличительные особенности недропользователей заключаются в следующем:

Во-первых, начало деятельности недропользователей и возникновение особого статуса оформляется особым документом – лицензией. Лицензия представляет собой **«специальное государственное разрешение на бланке с Государственным гербом Российской Федерации, текстовыми, графическими и иными приложениями, где закрепляются основные условия пользования недрами»** [4]. Лицензией также оформляется передача в пользование недр на основании соглашения о разделе продукции (СРП), хотя по мнению некоторых ученых, в режиме СРП лицензия носит вторичный характер [5]. В отношении правовой приро-

Добыча угля. Нерюгинский разрез, Якутия
Источник: usrazy.ru



Не стоит путать право собственности на недра с правом собственности на полезные ископаемые. Второе возможно только у недропользователя в отношении добытых ископаемых, ставших товаром

ды самой лицензии на право пользования недрами существенных споров нет: большинство ученых сходятся во мнении, что это специализированный административный акт, предоставляемый уполномоченным государственным органом [6]. Существует мнение, что, исходя из положений ст. 12 закона «О недрах», о содержании лицензии на право пользования недрами, которой закрепляются основные условия такого права и допускается внесение иных условий, лицензия на право пользования недрами носит договорный характер [7]. Нестандартное содержание права пользования недрами и основного по отношению к нему права собственности на недра, а также порядок реализации правомочий вызвало многочисленные споры о правовой природе права пользования недрами.

Право пользования недрами производно от права собственности на недра государства. Но в отличие от привычного гражданско-правового института права собственности, право собственности на недра, а следовательно и право пользования недрами, имеет ряд особенностей в порядке реализации триады составляющих его правомочий – владения, пользования и распоряжения. Так, своеобразным способом осуществляется владение недрами, поскольку их пространственные границы не допускают непосредственное обладание недрами. Правомочие владения реализуется посредством передачи недр в пользование. Недропользователь, получив право пользования недрами, также приобретает правомочие владения, но лишь в отношении участка недр, который он разрабатывает и в пределах протодуктивных пластов и залежей, обозначенных в лицензии. При этом государство, в случае предоставления права пользования недрами, владение

недрами не утрачивается, поскольку пользователь не наделяется правом пользования всех недр в стране, а физические свойства недр не позволяют считать, что переданный в пользование участок недр выбыл из владения государства. Кроме того, право рассматривает недра как единый объект, который не дробится при предоставлении права пользования определенным участком.

Выделение участка недр – это юридическая фикция, позволяющая формализовать

права собственности на недра в право собственности недропользователя на добытые полезные ископаемые [10]. Предоставляя кому-либо право пользования недрами государство не утрачивает правомочие пользования, а продолжает его осуществлять в форме получения лицензионных платежей. Д. Г. Храмов считал, что при передаче недр в пользование, государство не передает недропользователю правомочие пользования, а только делится им в усеченном объеме. Ограничения правомочия



Добыча нефти на Ванкорском месторождении

Источник: Юлия Трофимова

отношения государства и недропользователя. Можно предположить, что недропользователь владеет участком недр «опосредованно», например, по модели ст. 791 Федерального гражданского кодекса Мексики, когда собственник, передавший свое имущество во владение, остается первоначальным владельцем и сохраняет над своим имуществом полный контроль, а лицо, получившее имущество в пользование или на хранение является производным владельцем имущества [8].

Свою специфику имеет и правомочие пользования недрами, образующее по мысли Н. Б. Мухитдинова двуединое правомочие с владением [9]. Оно является связующим звеном при трансформации

«пользования» включают вид, срок и цель пользования, рациональное использование недр, различные требования к ведению работ, безопасности и т.д. [11].

Распоряжение недрами в форме отчуждения не допускается, также, как не допускается распоряжение правом пользования недрами помимо строго установленных законом случаев. Однако и правомочие распоряжения присуще государству в виде возможности управления [12] – передачи недр в пользование и контроля за их эксплуатацией (определение условий и порядка пользования недрами, изъятие участков недр и т. д.).

По мере использования недр, большая часть содержащихся в них ресурсов

безвозвратно утрачивается, что вызывает вопрос: является ли потребление или уничтожение ресурсов недр распоряжением или распоряжением можно считать только действия по передаче недр в пользование? Потребление вещи и ее отчуждение – разные явления. Потребление носит фактический характер и осуществляется в отношении самой вещи, что О. С. Иоффе называл фактическим распоряжением [13], а отчуждение требует юридических оснований и осуществляется в отношении прав на вещь. А. О. Рыбалов предлагает распоряжение вещью и распоряжение правом разграничивать [14]. Однако, в случае такого объекта как недра, две разновидности распоряжения неразрывно связаны и образуют единое правомочие распоряжения.

Таким образом, право пользования недрами напрямую связано с правом собственности государства на недра, но имеет ряд настолько уникальных черт, что в науке высказывалось мнение о целесообразности разработки самостоятельного титула на права на недра Российской Федерации [15].

Не стоит путать право собственности на недра с правом собственности на полезные ископаемые. Второе возможно только у недропользователя в отношении извлеченных из недр полезных ископаемых, ставших товаром [16]. Государство утрачивает право собственности на полезные ископаемые в момент их извлечения пользователем недр или в иной момент, установленный в лицензии или соглашении о разделе продукции.

Право пользования недрами является имущественным правом. Ю. Туктаров считает, что на имущественный характер права пользования недрами указывают способы передачи права недропользования (ст. 17.1 закона «О недрах»): реорганизация недропользователя в форме преобразования, присоединения, слияния, выделения или разделения; создания недропользователем нового общества для продолжения своей деятельности; передача права пользования участком недр дочернему обществу; приобретение имущества (имущественного комплекса) пользователя недр в порядке, предусмотренном законом о банкротстве. Кроме того, ст. 128 ГК РФ относит к объектам гражданских прав вещи, включающие участки недр, а ст. 35 Конституции РФ о недопустимости произвольного лишения имущества распространяется и на право пользования недрами [17].

Сторонником имущественной природы права пользования недрами является А. В. Сапожников, однозначно называющий его вещным, т. к. право предоставляется в отношении объекта недвижимости – участка недр (ст. 130 ГК) и соответствует признакам вещных прав [18]. Отношения государства и пользователя данный автор характеризует как имущественный найм, при котором государство за плату передает недропользователю участок недр для производства работ [19].

Л. М. Алланина отмечает, что пользование недрами – это обладание недвижимой вещью, основанное на особом титуле вещно-правовой природы. Оно представляет собой господство над вещью, обеспечи-



Проект «Сахалин-2» с особыми условиями пользования недр в режиме СРП
Источник: «Газпром»

вающее беспрепятственный доступ к вещи пользователя и возможность ограничивать доступ к ней третьих лиц, на основании права на чужую вещь [20].

Есть и противоположная точка зрения. Например, Д. В. Мельгунов считает, что к праву пользования недрами не может применяться гражданско-правовой институт вещных прав, т. к. оно оформлено административным ненормативным актом – лицензией. По его мнению, у права пользования недрами недостаточно признаков вещных прав и упоминания о нем отсутствует в ст. 216 ГК РФ и других законах [21]. Д. В. Хаустов считал, что право пользования недрами носит обязательственный характер [22].

В большинстве добывающих стран право пользования недрами в полной мере оборотоспособно. В Бразилии уступка прав на добычу разрешается при условии одобрения в Министерстве энергетики

Отвечает ли право пользования недрами признакам вещных прав? В целом, да:

1. Предметом права пользования недрами является индивидуально-определенная вещь – участок недр. Участок недр, в свою очередь, представляет собой индивидуализированный объект недвижимого имущества в виде геометризированного блока с четко определенными пространственными границами (ст. 7 закона «О недрах»).
2. Как было показано выше, право пользования недрами производно и зависимо от права собственности

Участок недр на землях с/х назначения

Источник: vielmehrsversichern.at



государства на недра. Участок недр предоставляется в пользование государством, как собственником недр.

3. Право пользования недрами предусмотрено специальным законом «О недрах», что соответствует открытости перечня ст. 216 ГК РФ. В концепции развития гражданского законодательства даже предлагалось включить права на участки недр в число ограниченных вещных прав [23]. Д. Г. Храмов вообще считает правом на вещь всякое право, содержание которого определяется законом [24].
4. Право пользования недрами имеет абсолютный характер защиты, поскольку пользователь получает монопольную возможность удовлетворять свои интересы из предоставленного ему права и возможность получать защиту от лиц, препятствующих осуществлению его права. Хотя, абсолютный характер права собственности на недра ограничен требованиями и стандартами, запрещающими добычу полезных ископаемых под жилыми массивами, инфраструктурными объектами,



Нефтяная промышленность в РФ

Источник: kartinkin.net

на территории национальных парков или полей с ценными зерновыми и на иных территориях, подлежащих особой охране в общественных интересах.

5. Ст. 130 ГК РФ относит участки недр к недвижимым вещам, эксплуатация которых требует осуществления детального технико-экономического анализа, что свидетельствует о наличии стоимостных характеристик такого объекта, а следовательно, и право пользования таким объектом имеет соответствующую материальную ценность. Лицензия на право поддается стоимостной оценке на основе документированной геологической информации [25].
6. Это имущество не исключено из гражданского оборота, т. к. допускается его переход в соответствии со ст. 17.1 закона «О недрах».

Таким образом, имеются все основания считать право пользования недрами вещным.

Во-вторых, оборотоспособность такого права весьма ограничена. Закон «О недрах» прямо запрещает совершать с участками недр какие-либо сделки, в том числе, купли, продажи, дарения, наследования, вклада, залога и т. д. Единственные случаи, допу-

скающие отчуждение или передачу прав пользования недрами третьим лицам установлены ст. 17.1 закона о недрах: в порядке реорганизации пользователя недр (преобразования, присоединения, слияния, разделения, выделения), при создании нового пользователя, передаче прав дочернему обществу, в случае банкротства недропользователя.

В большинстве других ресурсодобывающих стран право пользования недрами в полной мере оборотоспособно. В Бразилии уступка и залог прав на добычу полезных ископаемых разрешаются при условии предварительного одобрения и регистрации в Министерстве шахт и энергетики.

В Китае уступка прав на разведку допускается при условии, что с момента выдачи лицензии прошло не менее 2 лет, произведены инвестиции и получены данные о запасах полезных ископаемых



Добыча меди в Чили

Источник: iFerol / depositphotos.com

В Чили право пользования недрами представляет собой вещное право, которое может быть передано в залог, стать предметом сервитута, узуфрукта или опциона и зарегистрировано в Министерстве горнодобывающей промышленности.

В Китае уступка прав на разведку допускается при условии, что с момента выдачи лицензии прошло не менее двух лет или получены данные о наличии полезных ископаемых, инвестирован определенный размер минимальных вложений, отсутствует спор в отношении уступки и была уплачена цена уступки. Министерством могут быть предусмотрены и иные условия. Такие же условия применимы уступке прав

В Чили круг возможных недропользователей ограничивается при добыче нефти, газа, лития и при разработке морских месторождений. Такая деятельность доступна только государственным компаниям

на добычу, за исключением требования о минимальных вложениях и наличии требования о годовом сроке с начала работ. Допускается и залог прав, однако процедура регистрации залога не установлена.

В Колумбии уступка прав допускается по согласованию с административным органом при условии соответствия получающей стороны требованиям, предъявляемым к недропользователям и при предоставлении копии договора уступки. При этом, имеющиеся нарушения лицензионных требований не влияют на действительность уступки.

В законе Казахстана прямо указано, что право пользования недрами является имущественным и к нему применимы положения о праве собственности. Переход права пользования недрами возможен как на основании договора, так и в порядке реорганизации. Однако, передача прав недропользования подлежит ряду согласований с компетентным органом, а также в случае отказа государства от преимущественного права работы на стратегических месторождениях. Запрещается переход права недропользования (доли в праве недропользования) по лицензии на разведку твердых полезных ископаемых в первый год ее действия, по лицензии на геологическое изучение недр и по старательской

лицензии. Важной особенностью законодательства Казахстана является урегулирование вопроса о судьбе имущества предшествующего недропользователя, что в нашей стране, в настоящее время, представляет большую проблему.

В-третьих, лица, желающие получить право пользования недрами, должны удовлетворять квалификационным требованиям: при подаче заявки они обязаны представить доказательства того, что они обладают или будут обладать квалифицированными специалистами, необходимыми финансовыми и техническими средствами для эффективного и безопасного проведения работ. Конкретного перечня таких документов закон не содержит, но представление таких доказательств служит основанием для отказа в приеме заявки на получение права пользования недрами.

Для сравнения, в Бразилии единственным квалификационным требованием к недропользователям является их финансовая состоятельность. Несмотря на то, что к пользованию недрами допускаются, в том числе, физические лица, их участие в данной деятельности ограничено этапом разведки. Добычу могут осуществлять только юридические лица, а физические лица, проводившие разведку, переуступа-

В Турции в случае, если лица, обладающие правами на разведку или добычу полезных ископаемых, становятся государственными служащими, они обязаны в течение 6 месяцев отказаться от этих прав

ют свои права добывающим компаниям. Такие условия вполне объяснимы, поскольку добыча требует и существенного оснащения техникой, и знаний, и финансовых возможностей, которыми физические лица в основном не располагают. Преимущественное право государства установлено в отношении разведки и добычи ядерного сырья – такая деятельность доступна только государственным компаниям.

В Чили получение лицензии на добычу возможно двумя и более лицами, что, в свою очередь, автоматически образует горнодобывающую компанию в силу закона. Круг возможных недропользователей

Незаконная добыча золота в Китае

Источник: mmbiztoday.com



В Индии владельцы лицензии имеют право использовать землю в пределах лицензионного участка с обязательной выплатой компенсации собственнику земли за убытки, возникающие из-за горных работ

ограничивается в случае добычи нефти, газа и лития, разработки морских месторождений, до которых невозможно проложить тоннель или добычи стратегически важных компонентов – такая деятельность доступна только государственным компаниям.

В Китае предоставление лицензии на разведку обусловлено наличием аттестованных специалистов по разведке, технического персонала, сертифицированного исследовательского оборудования, на предприятии должен быть установлен контроль качества и система управления безопасностью труда.

В Перу закон ограничивает возможность злоупотребления должностным положением и минимизации конфликтов в отрасли. Лицензия на добычу полезных ископаемых предоставляется только лицам, зарегистрированным в Перу, основной деятельностью которых является добыча полезных ископаемых. Отдельно в законе закрепляется список лиц, которым запрещается участвовать в пользовании недр на срок занятия должности: президент республики, члены законодательной и судебной властей, государственные министры и правительственные чиновники, должностные лица и сотрудники сектора энергетики и горнодобывающей промышленности, военнослужащие и полицейские, на территории, находящейся под их юрисдикцией, а также супруги и члены семьи, находящиеся в финансовой зависимости от таких лиц. Партнеры, представители, рабочие и подрядчики физических или юридических лиц, занимающихся добычей полезных ископаемых и члены их семей, не могут приобретать лицензии в радиусе десяти километров от любой точки периметра лицензионного

участка тех лиц, с которыми они находятся в указанных отношениях без согласия такого лица.

Такие же условия характерны для Турции. Закон ограничивает возможность участия государственных служащих. В случае если лица, обладающие правами на разведку или добычу полезных ископаемых, становятся государственными служащими, они обязаны передать эти права в течение 6 месяцев с даты их поступления на государственную службу.

В Казахстане получение лицензии имеет условием отсутствие в отношении заявителя процедуры ликвидации, реорганизации или банкротства; отсутствие задолженности по уплате налогов и других обязательных платежей в бюджет; в случае получения права недропользования на разведку и добычу углеводородов – наличие финансовых средств, достаточных для выполнения минимальных требований по объемам и видам работ на участке недр в период разведки и технического персонала. Для получения права недропользования на участке недр на море также необходимо обладать соответствующим положительным опытом ведения работ.

Наличие финансовых средств подтверждается копией бухгалтерского баланса за год, предшествующей подаче заявки; документальными данными о наличии собственных средств (справка из банка второго уровня о состоянии счетов заяви-

Добыча нефти на территории деревни в Нигерии
Источник: *George Osodi / shadesofnoir.org.uk*



Добыча нефти в Колумбии
Источник: *tgstat.ru*

теля) или привлеченных средств (договор займа (кредита), иной договор).

В-четвертых, недропользователь обязан выполнять все требования, установленные лицензией, т. е. разработка предоставленного в пользование лицензионного участка является не правом, а обязанностью недропользователя.

В-пятых, пользование недрами требует оформления прав на земельный участок, в пределах которого оформлен геологический отвод и предоставлена лицензия на право пользования недрами (ст. 25.1 закона о недрах). Для таких целей земельный участок может быть изъят у собственника для государственных или муниципальных нужд, связанных с использованием недрами (ст. 49 ЗК, ст. 25.2 закона о недрах), участок, находящийся в государственной или муниципальной собственности, может быть предоставлен в аренду без проведения торгов (п. 2 ст. 39.6 ЗК), также стало возможным оформлять права на земельный участок посредством установления сервитута (ст. 39.23 ЗК) [26].

Многие страны (Латинская Америка, Канада, Австралия) обязывают недропользователей согласовывать порядок использования земель с исторически проживающими на них коренными народами. Хотя такие нормы и установлены в законе, звучат они больше декларативно, поскольку решающего слова таким народам не предоставлено, а мнение аборигенов редко перевешивает экономический интерес государства.

Например, в Колумбии закон предусматривает обязательное установление сервитута в отношении земельного участка для целей проведения любых стадий процесса недропользования. защите подлежат четыре группы народов: коренные народы, афроколумбийские общины, сообщества Райзал и цыгане. Любые проекты требуют согласования и согласия таких общин, которые, однако, не имеют права вето в отношении проектов.

В Испании для получения земельного участка вопрос решается кардинально – держатель лицензии вправе обратиться с заявлением об отчуждении права собственности на землю, необходимой для проведения соответствующих работ.

В Турции, если лицензионный участок находится в пределах частной земли, владелец лицензии может требовать установления сервитута или права usufructa с помощью механизма, аналогичного экспроприации. Владелец лицензии также может арендовать или купить такую землю. В случае недостижения согласия между недропользователем и собственником земли, участок может быть изъят у собственника и зарегистрирован на имя Казначейства Турции для последующей передачи недропользователю. Если земля принадлежит Казначейству Турции или находится в распоряжении государства, владелец лицензии должен подписать договор аренды или договор о праве usufructa с государством.

В Индии держатели лицензии имеют право использовать землю в пределах лицензионного участка с обязательной выплатой компенсации собственнику земли за любые убытки, которые могут возникнуть в результате горных работ.

В Турции, если лицензионный участок находится на частной земле, владелец лицензии может требовать установления сервитута или права usufructa с помощью механизма, аналогичного экспроприации

Подводя итог, можно заключить, что недропользователя делает особенным участником хозяйственного оборота несколько характеристик, главной из которых является наличие особого права, оформленного лицензией – право пользования недрами. Лицензия обеспечивает недропользователя не только полномочиями в отношении участка недр, но и возлагает обязанность по его разработке. Необходимость получения специального разрешения на пользование недрами – существенное условие деятельности недропользователей абсолютно в любых правовых порядках и ее наличие является основополагающим условием возникновения статуса недропользователя. Лицензия также закрепляет требование вести работы на лицензионном участке

и демонстрировать государству полученные результаты. Хотя право пользования недрами имеет имущественную ценность, российский закон ограничивает его оборотоспособность, делая отечественный правовой порядок одним из немногих, где серьезно ограничиваются сделки в отношении права пользования недрами. Статус недропользователя доступен только лицам, отвечающим квалификационным требованиям, обладающим особым (горным) имуществом. Право на недра не связано с правами на земельный участок, под которым недра расположены и начало работ требует урегулирования отношений с пользователем или собственником такого участка. Порядок получения прав на земельный участок может предусматривать изъятие, аренду, сервитут или узуфрукт.

Использованные источники

1. *СЗ РФ от 30 марта 1998 г. № 13, ст. 1463.*
2. *СЗ РФ от 5 апреля 1999 г. № 14, ст. 1667.*
3. *СЗ РФ от 5 мая 2008 г. № 18, ст. 1940.*
4. *Ст. 11 закона РФ «О недрах» от 21.02.1992 г., № 2395–1.*
5. *Алланина Лилия Мансуровна. Гражданско-правовое регулирование отношений недропользования: диссертация ... кандидата юридических наук. Екатеринбург, 2009. С. 79.*
6. *Сидоров Иван Николаевич. Правовые проблемы перехода права пользования на участки недр в законодательстве Российской Федерации: диссертация ... кандидата юридических наук. Москва, 2011. С. 23.*
7. *Там же, С. 81.*
8. *Рыбалов А. О. Право собственности (комментарий к ст. 209 ГК РФ) [Электронное издание]. Москва: М-Логос, 2017. С. 65–68.*
9. *Мухитдинов Н. Б. Правовые проблемы пользования недрами // Алма-Ата, 1972. С. 201.*
10. *Храмов Д. Г. Право пользования недрами в Российской Федерации: автореф. дис. ... канд. юрид. наук. М.: РАН «Ин-т гос-ва и права», 2004. С. 15.*
11. *Мельгунов В. Д., Горохов К. Д. Основы горного права. Ч. 2. Понятие и структура горных правоотношений. Право пользования недрами как институт горного права России: учебное пособие / под ред. В. Д. Мельгунова. Москва: «Проспект», 2016. С. 111.*
12. *Суханов Е. А. Лекции о праве собственности. М. 1991. С. 66.*
13. *Иоффе О. С. Советское гражданское право. М., 1967. С. 359.*
14. *Рыбалов А. О. Право собственности (комментарий к ст. 209 ГК РФ) [Электронное издание]. М.: М-Логос, 2017. С. 73–75.*
15. *Мельгунов В. Д., Горохов К. Д. Основы горного права. Ч. 1. Предмет, источники и принципы горного права России: учебное пособие / Под ред. В. Д. Мельгунова. Москва: «Проспект», 2016. С. 94.*
16. *Мельгунов В. Д., Горохов К. Д. Основы горного права. Ч. 2. Понятие и структура горных правоотношений. Право пользования недрами как институт горного права России: учебное пособие / Под ред. В. Д. Мельгунова. Москва: «Проспект», 2016. С. 110.*
17. *Туктаров Ю. Частная сущность права недропользования // ЭЖ-Юрист. 2005. № 14.*
18. *Сапожников А. В. Правовой режим перехода прав пользования участками недр в Российской Федерации: дис. ... канд. юрид. наук. М., 2006. С. 104.*
19. *Там же, С. 105.*
20. *Алланина Л. М. Подземные конструкции и право пользования недрами: монография. Тюмень: «Вектор Бук, 2018. С. 17–19.*
21. *Мельгунов В. Д. К вопросу о правовой природе права пользования недрами. Нефтегаз, энергетика и законодательство. Вып. 8, 2009. С. 20–28.*
22. *Хаустов Д. В. Природоресурсное лицензирование: теория правового регулирования // Вестник Московского университета. Серия 11. Право. № 5, 2004. С. 67–93.*
23. *Концепция развития гражданского законодательства Российской Федерации (одобрена Советом при Президенте РФ по кодификации и совершенствованию гражданского законодательства 7 октября 2009 г.) // Вестник Высшего Арбитражного Суда Российской Федерации. № 11, 2009.*
24. *Храмов Д. Г. Право пользования недрами в Российской Федерации: / Автореф. дисс. канд. юрид. наук. М. 2004. С. 10–11.*
25. *Зайченко В. Ю. Определение стоимости имущественного права пользования объектами госсобственности в сфере недропользования в условиях рыночной экономики / В. Ю. Зайченко, Т. К. Янбухтин // Разведка и охрана недр. № 4, 2007. С. 54–60.*
26. *СЗ РФ. 2001. № 44, ст. 4147.*

АВТОРИТЕТНАЯ ПЛАТФОРМА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА
ДЛЯ ОБМЕНА ОПЫТОМ

18–20 АПРЕЛЯ 2023

РОССИЙСКИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
РМЭФ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ФОРУМ

XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
**ЭНЕРГЕТИКА И
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

ОДНОВРЕМЕННО С РМЭФ-2023 ПРОЙДУТ ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРОЕКТЫ:
**ВЫСТАВКА «ЖКХ РОССИИ», ВЫСТАВКА СВАРКА/WELDING,
ВЫСТАВКА-КОНГРЕСС «ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ»**



@ENERGYFORUMSPB САМАЯ АКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О РМЭФ В НАШЕМ TELEGRAM-КАНАЛЕ!

18+
КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

ENERGYFORUM.RU
rief@expoforum.ru
+7 (812) 240 40 40, доб.2626

EXPOFORUM

ENERGETIKA-RESTEC.RU
energo@restec.ru
+7 (812) 303 88 68

РЕСТЭК®
Выставочное объединение



2023 **24-28**
АПРЕЛЯ



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
НЕФТЬ И ГАЗ 2023**



**INTERNATIONAL FORUM
OIL AND GAS 2023**

К участию в форуме приглашаются специалисты и ученые нефтегазовых компаний, отраслевых научно-исследовательских и проектных институтов, вузов

РЕГИСТРАЦИЯ: NEFTEGAZ.GUBKIN.RU

1000+

научных докладов

2500+

участников

450+

организаций



КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ:

в центре внимания, в центре Москвы



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
НЕФТЕГАЗОВЫЙ
ФОРУМ**

www.oilandgasforum.ru

25-27 апреля 2023

22-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
НЕФТЕГАЗ-2023



www.neftegaz-expo.ru

24-27 апреля 2023

Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



12+

Реклама



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

РЭА
РОССИИ



Российские
Газовые
Бизнесы



СОЮЗ
НЕФТЕФАКТОРНЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ
РОССИИ

ЭКСПОЦЕНТР



ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА



Оформить подписку на журнал «Энергетическая политика» на 2023 год можно через филиалы агентства «Урал-пресс», либо в ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. По вопросам подписки звонить по телефону +7-910-463-53-57. Стоимость подписки на полугодие (6 номеров) составит 13 200 рублей.

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

energypolicy.ru

НАШИ ПАРТНЕРЫ



Российская
Энергетическая
Неделя 2023





ISSN 2409-5516

Источник фото на обложке:
rozum / elements.envato.com