АТОМНЫЙ ЭКСПЕРТ

№ 2 (96)

МАРТ 2022

atomicexpert.com

Тема номера
Новые инструменты управления наукой

Технологии
ИТЭР: планы на год

Взгляд
Лабораторная астрофизика

Обзор
Энергорынок Европы

Лекторий
Радиохимия

Технологии
АЭС будущего

Патенты
Тонкости патентования

АТОМНЫЙ ЭКСПЕРТ

№ 2 (96), март 2022 г.
Информационно-аналитическое издание, приложение к научному журналу «Атомная энергия»

И.о. главного редактора:
Ю. А. Гилева

Шеф-редактор:
Ирина Сухарева

Выпускающий редактор:
Надежда Фетисова

Авторы:
Наталия Андреева, Александр Барабашев, Дарья Пономарева, Надежда Фетисова

Арт-директор:
ИП Барей Н. М.

Дизайн-макет:
Семен Мизюркин

Учредители:
Некоммерческая организация — Фонд «Центр корпоративной информации» (НО-Фонд «ЦКИ»), Некоммерческое партнерство содействия экспертному сообществу в развитии атомной отрасли «Эксперт» (НП «Эксперт»)

Издатель и редакция:
ООО «Юг Медиа», 107078, Москва, ул. Новая Басманная, д. 14, стр. 4,
тел.: +7 (499) 391–64–00
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77–53618 от 10.04.2013. Распространяется по подписке на предприятиях атомной отрасли России.
Выходит с октября 2011 г.
Цена свободная

Номер подписан в печать 28 марта 2022 г.

Отпечатано в типографии:
ОАО «Типография Р-Мастер», 125438, Москва, ул. Михалковская, д. 52, стр. 23

Тираж:
1000 экз.

Распространение и размещение рекламы:
+7 (499) 391–64–00,
expert.atom@gmail.com

Электронный портал журнала:
atomicexpert.com

В номере:

Новости

Южная Корея возвращается к атому; третий энергоблок финской АЭС «Олкилуото» начал подачу электроэнергии; Китай планирует построить 450 ГВт солнечных и ветряных электростанций; Росатом получил регистрационное удостоверение на «молекулу XX века».

Стр. 4–7

Тема номера

Традиционное «управление по результатам, как в бизнесе» (гора количественных показателей), и «управление на основании внешней экспертизы» (качественная оценка), по мнению экспертов, оказываются одинаково неэффективными в науке. Ищем варианты ответа на вопрос «что делать?».

Стр. 8–17

Технологии

Катушка полоидального поля, гиротроны, пьедесталы соединителей модулей бланкета, стенды для испытаний порт-плагов — 2022 год обещает быть насыщенным для России в плане работ для проекта ИТЭР. Специалисты ЧУ «ИТЭР-Центр» знакомят с графиком событий и рассказывают, для чего нужны все эти системы.

Стр. 18–23

Как эволюционирует промышленная автоматизация на АЭС? В каком виде будут применять на атомных станциях элементы искусственного интеллекта? Как изменится работа операторов? Специалисты из различных подразделений РАСУ рассуждают о том, как может измениться АСУ атомных станций.

Стр. 24–29

Обзор

Некоммерческая организация Ember опубликовала ежегодный отчет, посвященный итогам 2021-го и трендам энергетического рынка Евросоюза. Публикуем самые интересные выдержки из документа.

Стр. 30–41

Лекторий

Путь развития радиохимии: от открытия урана до наших дней. Лекция главного научного сотрудника отдела радиохимических технологий АО «ВНИИНМ» Владимира Волка.

Стр. 42–46

Патенты

Что такое патентный троллинг и как с ним бороться? Может ли искусственный интеллект — сейчас или в ближайшем будущем — стать обладателем патента? На эти и другие вопросы отвечают доцент кафедры интеграционного и европейского права МГЮА Александр Барабашев и заместитель заведующего кафедрой практической юриспруденции МГЮА Дарья Пономарева.

Стр. 47–52

Взгляд

Академик РАН, сопредседатель научно-технического совета Национального центра физики и математики Борис Шарков рассказал об одном из самых любопытных направлений научной программы Центра — лабораторной астрофизике.

Стр. 54–56

Выученные уроки

В марте 2022 года блок № 3 финской АЭС «Олкилуото» наконец-то выдал в сеть первые киловатты. История этого долгостроя — яркий пример того, как громкая победа оказывается источником бесконечных проблем, а проигрыш — фундаментом для роста. Все началось в 2003 году, когда российский «Атомстройэкспорт» потерпел обидное поражение в тендере на строительство этого блока — заказчик предпочел предложение французской компании Areva. Тогда это казалось чуть ли не катастрофой для российской атомной отрасли — на проект возлагались большие надежды. Но спустя почти 20 лет ситуация выглядит иначе. Этот проигрыш стал одним из поводов для запуска реформы отечественного атомпрома — кстати, поначалу концептуально основанной на вроде бы успешном опыте той самой Areva.

Только теперь новый блок АЭС «Олкилуото», буквально героически достроенный французскими атомщиками, наконец заработал. А то, что 20 лет назад казалось образцом эффективности и примером организации бизнеса, проверку временем не прошло — Areva развалилась.

Тогда как российский атомпром провел за это время работу над ошибками. В 2007 году на основе Минатома была создана госкорпорация «Росатом», довольно быстро собравшая под своим контролем уникальный комплект активов — полную цепочку ключевых технологий атомной промышленности. Росатом добился успехов в реализации программы развития атомпрома внутри страны и продолжает эту работу. Удалось собрать солидный портфель заказов на строительство АЭС за рубежом и постепенно развернуть целый ряд строек в разных странах. Параллельно корпорация взяла курс на диверсификацию, развивая новые направления бизнеса.

В итоге сегодня российский атомпром выглядит неплохо подготовленным к работе в новых условиях. Компетенции отрасли как никогда востребованы внутри страны — для импортозамещения и обеспечения технологического суверенитета России в условиях санкций. В мире спрос на технологии атомной энергетики подогревается климатической повесткой и общим трендом на устойчивое развитие.

Принято считать, что любой кризис открывает новые возможности. Получится ли из нынешних проблем и ограничений создать новые точки роста? Увидим через 10–20 лет.

Юлия ГИЛЕВА, и. о. главного редактора

Фото: Kaleva.fi, ТАСС, Knxt.se

ПУСКИ

«Олкилуото» в сети

Блок № 3 мощностью 1600 МВт финской АЭС «Олкилуото» был подключен к национальной энергосети 12 марта и начал подачу электроэнергии. «Это долгожданный момент. Блок № 3 АЭС “Олкилуото” значительно укрепит самодостаточность Финляндии с точки зрения поставок электроэнергии и поможет достичь углеродной нейтральности. Последний раз новый реактор вводился в эксплуатацию в стране более 40 лет назад»,— заявил финский оператор TVO.

Теперь начинается стадия опытной эксплуатации, которая обычно длится около четырех месяцев; на этом этапе уровень выработки будет постепенно доведен до 100%.

Контракт между TVO и консорциумом Framatome ANP/Siemens на сооружение блока «Олкилуото-3» был подписан 18 декабря 2003 года, заливка первого бетона состоялась в 2005 году. Первоначально планировалось запустить блок в 2009 году. Однако его ждали череда судебных споров, претензий со стороны регулятора, изменений в проекте и как следствие — перенос сроков на 13 лет и рост стоимости с первоначальных €3,2 млрд до €11–12 млрд.

Новый блок обеспечит до 14% потребности Финляндии в электроэнергии, снизив ее зависимость от импорта из России, Швеции и Норвегии. Сейчас Финляндия импортирует в среднем 13 ТВт·ч ежегодно, к 2025 году этот показатель планируется уменьшить до 5–8 ТВт·ч.

Это пятый атомный блок в Финляндии; кроме него, в стране работают два блока АЭС «Ловииса» мощностью 500 МВт каждый и два блока АЭС «Олкилуото» мощностью 900 МВт каждый. Доля атомной энергетики в общем энергобалансе страны — 34%.

Блок № 3 «Олкилуото» — первый новый атомный блок в Европе за почти 15 лет. Также это первый в Европе и третий в мире блок с реактором EPR-1600. Французские атомные энергоблоки EPR-1600 были впервые введены в эксплуатацию на китайской АЭС «Тайшань» в 2018 и 2019 годах. В Европе такие реакторы сейчас строятся на блоке № 3 французской АЭС «Фламанвиль» и двух блоках британской АЭС «Хинкли-Пойнт С».

ФИНАНСЫ

Новые деньги на термояд

Правительство РФ направит в 2022 году 5 млрд руб. на научные исследования в области термоядерного синтеза и плазменных технологий, сообщает ТАСС.

Согласно распоряжению правительства, средства распределятся следующим образом: Росатом получит 1 млрд 60 млн 207 тыс. руб., Минобрнауки — 2 млрд 919 млн 730 тыс. руб., Национальный исследовательский центр „Курчатовский институт“ — 1 млрд 20 млн руб. О результатах работ и исследований предстоит отчитаться к 31 декабря 2022 года. А к 1 февраля 2023 года Росатом, Минобрнауки и Курчатовский институт должны представить в правительство доклады об эффективности использования выделенных бюджетных средств.

Деньги выделены в рамках реализации комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в РФ на период до 2024 года».

ВИЭ

Энергия пустыни

Китай планирует построить 450 ГВт солнечных и ветряных электростанций в пустыне Гоби и других пустынных районах.

Такое заявление сделал директор Национальной комиссии по развитию и реформам (NDRC) Хэ Лифэн в кулуарах Национального народного форума, передает Reuters. Задача поставлена в рамках увеличения мощностей возобновляемой энергетики для достижения климатических целей Китая. Ранее президент страны Си Цзиньпин пообещал довести общую ветровую и солнечную мощность Китая как минимум до 1200 ГВт к 2030 году; тогда же выбросы CO_2 должны достигнуть пика и после этого пойти на спад.

К концу 2021 года в Китае работали солнечные и ветряные станции совокупной мощностью соответственно 306 ГВт и 328 ГВт. В пустынной зоне уже ведется строительство солнечных панелей мощностью около 100 ГВт.

Тем не менее основным источником электроэнергии для Китая остается уголь (63% от общей выработки в 2020 году), на втором месте с большим отрывом — гидроэнергетика (17%). ВИЭ занимают третье место — 11%.

Хэ Лифэн признал, что угольные электростанции необходимы для устойчивой работы энергосистемы Китая, ведь они обеспечивают стабильную базовую нагрузку, тогда как энергия, вырабатываемая ВИЭ, может колебаться в зависимости от погодных условий. Ранее в плане работы на 2022 год NDRC заявил, что традиционная энергетика, особенно угольная, продолжит играть важную роль в Китае.

НАУКА

Плазма в пробирке

Американские ученые смоделировали на термоядерной установке NIF (Национальная лаборатория им. Лоуренса Ливермора) плазму, аналогичную существующей внутри скоплений галактик. Галактические скопления — самые крупные из известных структур в видимой Вселенной. Они могут состоять из тысяч галактик, связанных гравитацией. Скопления заполнены ионизированным газом — плазмой; через нее проходят магнитные поля, она испускает рентгеновские лучи. Температура плазмы в этих скоплениях достигает 10 млн °. Согласно законам физики, со временем плазма должна была охладиться, но этого не происходит. Для выяснения причин этого явления ученые из Оксфорда, Рочестера и Чикаго решили провести эксперимент на NIF.

196 лазеров сфокусировали на крошечной (размером с монету) мишени, состоящей из двух полистироловых дисков и двух пластиковых решеток. В результате была получена сверхгорячая плазма. Она просуществовала всего несколько миллиардных долей секунды, но этого оказалось достаточно для того, чтобы исследователи нашли объяснение длительному нагреву галактической плазмы. Оказалось, что температура внутри плазмы неоднородна, объяснили исследователи в публикации на Science Advances.

Итак, ученым удалось выяснить, как устроены внутренние процессы теплопроводности в галактических скоплениях; но осталось еще множество нерешенных вопросов. Команда планирует дальнейшие эксперименты на NIF в конце года.

СТРАТЕГИИ

Южная Корея возвращается к атому

В марте в Южной Корее прошли выборы президента. Победителем стал кандидат от главной оппозиционной партии «Гражданская сила» Юн Сок Ёль. В предвыборной программе он осуждал политику отказа от атомной энергетики и обещал, что в случае его победы она будет активно развиваться.

Вступление президента в должность состоится в мае. Ожидается, что первым шагом нового правительства — в соответствии с обещаниями Юна — будет возобновление строительства двух ядерных реакторов для энергоблоков №№ 3 и 4 АЭС «Син-Ханул» к юго-востоку от Сеула. Проект строительства реакторов мощностью 1 400 МВт каждый был приостановлен в 2017 году.

Юн Сок Ёль также призвал к активному продвижению технологий малых модульных реакторов. Кроме того, будущий президент намерен получить иностранные заказы на строительство более 10 атомных энергоблоков к 2030 году. Он планирует создать структуру, отвечающую за поддержку зарубежного строительства АЭС.

«Я буду восстанавливать экосистему производства атомной энергии и продвигать безопасные ядерные технологии, чтобы они стали основным двигателем развития страны»,— написал Юн Сок Ёль в социальных сетях в прошлом месяце.

Юн также пообещал продолжать эксплуатацию существующих ядерных реакторов до тех пор, пока будет возможность обеспечивать их безопасную работу. Сейчас доля атомной энергетики в стране — 30%, действующих ядерных реакторов — 24. Правительство уходящего президента планировало к 2034 году сократить число действующих энергоблоков до 17, снизив к 2030 году долю атомной энергетики до 23,9%.

ФИНАНСЫ

$36 млн на отходы

Министерство энергетики США (DOE) выделило $36 млн на 11 проектов, связанных с утилизацией радиоактивных отходов (РАО) и усовершенствованными реакторами. Деньги выделены в рамках программы оптимизации систем утилизации ядерных отходов (ONWARDS, запущена в 2021 году как первая программа ARPA-E) Агентства перспективных исследовательских проектов (ARPA-E).

Одним из основных получателей средств стала компания Deep Isolation, известная своей инновационной технологией геологического захоронения РАО и ОЯТ. Компания получила финансирование двух крупных проектов. Первый, на сумму $3,6 млн,— разработка (совместно с Калифорнийским университетом в Беркли, Национальной лабораторией им. Лоуренса Беркли и NAC International) технологии скважинного захоронения РАО.

Второй проект Deep Isolation, получивший $4 млн, предусматривает разработку (совместно с Аргоннской и Айдахской национальными лабораториями, а также с компанией Oklo Inc.) коммерчески выгодных технологий утилизации РАО и ОЯТ инновационных реакторов (в том числе малой мощности), в частности, минимизацию количества неперерабатываемых отходов и разработку технологий их геологической изоляции.

Среди других получателей средств по программе ONWARDS: Citrine Informatics — $3,1 млн на разработку искусственного интеллекта и методов компьютерного моделирования технологий утилизации РАО и ОЯТ жидкосолевых реакторов; General Electric Global Research — $4,5 млн на разработку системы гарантий безопасности на предприятиях по переработке ядерных материалов; Orano Federal Services — $2,2 млн на разработку системы утилизации газообразных отходов, выделяющихся из различных типов установок; TerraPower — $8,5 млн на разработку технологий извлечения урана из ОЯТ жидкосолевых реакторов; Национальная лаборатория Айдахо — $2 млн на разработку коммерчески эффективных инновационных технологий переработки ОЯТ металлического топлива.

«Разработка новых подходов к безопасному обращению с ядерными отходами позволит нам обеспечить безуглеродной ядерной энергией еще больше домов и предприятий в Америке»,— заявила министр энергетики США Дженнифер Грэнхольм.

МЕДИЦИНА

Росатом получил регистрационное удостоверение на «молекулу XX века»

В середине марта Минздрав России выдал Центру высокотехнологичной диагностики (входит в АО «Русатом Хэлскеа») регистрационное удостоверение на радиофармацевтический лекарственный препарат «Фтордезоксиглюкоза, ^{18}F».

Этот препарат, содержащий радионуклид фтора –^{18}F,— называют молекулой XX века, он эффективен для раннего выявления и диагностики широкого спектра онкологических заболеваний.

Раствор фтордезоксиглюкозы предназначен для внутривенного введения при позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). Это аналог глюкозы, который накапливается в очагах повышенного метаболизма — опухоли как быстрорастущему образованию нужно много глюкозы. Препарат имеет короткий период полураспада — 109 минут — и полностью выводится из организма в течение нескольких часов.

Регистрация препарата позволит Центру высокотехнологичной диагностики полностью обеспечить потребность медицинских учреждений Москвы и Московской области в этом РФП.

По данным Всемирной организации здравоохранения, число выявленных случаев онкологических заболеваний ежегодно растет — за 2020 год в мире выявлено 19,3 млн случаев, в России — 591 тыс.

ТЕХНОЛОГИИ

Атомное тепло

На китайской АЭС «Хунъяньхэ» в провинции Ляонин запущен проект централизованного теплоснабжения. Ляонинская ядерная энергетическая компания, управляющая АЭС, подписала соответствующее соглашение с крупнейшим предприятием центрального отопления провинции, State Power Investment Northeast Electric Power Company.

Проект позволит обеспечить теплом города Хунъяньхэ, Вафандянь и Далянь. Площадь обогрева составит 242,4 тыс. м^2, что обеспечит отоплением почти 20 тыс. жителей. В июне планируется начать строительство необходимой инфраструктуры; вскоре будет обеспечено теплоснабжение города Хунъяньхэ.

«Это демонстрационный проект на северо-востоке Китая по отоплению с помощью атомной энергии, который внесет положительный вклад в экологию региона»,— заявили в компании China General Nuclear (CGN, ей принадлежит 45 % акций управляющей компании АЭС «Хунъяньхэ»).

АЭС «Хунъяньхэ» состоит из пяти блоков PWR мощностью 1000 МВт каждый, еще один блок сооружается, пуск запланирован на этот год.

Китайское правительство назвало экологически чистое отопление одним из приоритетных направлений развития энергетики. «Хунъяньхэ» — не первая китайская АЭС, где реализуется подобный проект. АЭС «Хайян» в провинции Шаньдун на востоке Китая начала обеспечивать централизованным теплоснабжением прилегающие районы в ноябре 2020 года; с этого же года станция обеспечивает теплом весь город Хайян с населением около 700 тыс. человек.

Первый этап аналогичного проекта стартовал и на АЭС «Циньшань» в южной китайской провинции Чжэцзян. Сейчас теплом, вырабатываемым на атомной станции, обеспечивается более 460 тыс. м^2 жилых помещений. Цель проекта — к 2025 году довести эту цифру до 4 млн м^2.

ТЕХНОЛОГИИ

Скандинавия включилась в гонку ММР

В Швеции создана первая в Скандинавии компания по строительству малых модульных реакторов (ММР). Компания Kärnfull Next уже подписала с GE Hitachi Nuclear Energy (GEH) меморандум о взаимопонимании в отношении проекта BWRX-300. Это малый модульный реактор мощностью 300 МВт с естественной циркуляцией воды и пассивными системами безопасности. В основе — проект реактора ESBWR компании GEH мощностью 1520 МВт. Этот реактор уже сертифицирован Комиссией по ядерному регулированию США и в настоящее время проходит предлицензионную экспертизу в Комиссии по ядерной безопасности Канады.

В Kärnfull Next отметили, что работа с заинтересованными сторонами по BWRX-300 уже идет, но для того, чтобы проект воплотился в жизнь, придется пересмотреть шведское законодательство.

Kärnfull Next уже получила первоначальное финансирование от Corespring Invest — инвестиционного фонда с большим опытом успешных вложений в экологически чистые технологии и безуглеродные источники энергии.

В группу Kärnfull также входит компания Kärnfull Energi — поставщик атомной электроэнергии для домохозяйств, малого и среднего бизнеса.

«Мы видим растущий спрос на атомную электроэнергию и увеличение числа контрактов с Kärnfull Energi. Играть активную роль на передовом крае атомного энергоснабжения — невероятно интересно»,— сказал соучредитель Kärnfull Next Джон Алберг.

Сейчас в Швеции работают шесть атомных энергоблоков, четыре из них — реакторы с кипящей водой BWR (блоки №№ 1–3 АЭС «Форсмарк» и блок № 3 АЭС «Оскарсхамн»). Атомная энергетика отвечает за выработку почти 30 % электроэнергии в стране. Еще семь энергоблоков находятся в процессе вывода из эксплуатации.

СТАРТАПЫ

Американский жидкосолевой

Американская компания TerraPower и энергетическая Southern Company заключили соглашение о проектировании, строительстве и эксплуатации экспериментального жидкосолевого реактора на хлоридах (Molten Chloride Reactor Experiment, MCRE) на площадке Национальной лаборатории Айдахо (INL). Энергоблок должен стать первым в мире жидкосолевым реактором на быстрых нейтронах.

«Для Southern Company большая честь работать с DOE, TerraPower, INL и другими членами нашей команды над развитием атомной энергетики следующего поколения. Жидкосолевой быстрый экспериментальный реактор позволит продвинуть революционную технологию, которая обещает решить проблему изменения климата в сроки, необходимые для сведения к нулю выбросов парниковых газов к 2050 году»,— заявил вице-президент Southern Company по исследованиям и разработкам доктор Марк С. Берри.

Проект MCRE получил финансирование в рамках Программы демонстрации передовых реакторов (ADRP) министерства энергетики Соединенных Штатов Америки. В компании TerraPower заявили, что проект будет способствовать развитию собственного проекта компании — жидкосолевого быстрого реактора (Molten Chloride Fast Reactor, MCFR), который она разрабатывает с 2016 года.

Исследования и разработки Southern Company будут использованы в рамках сотрудничества компаний, среди которых — INL, CORE POWER, Orano Federal Services, Electric Power Research Institute и 3M Company. В прошлом году Минэнерго выделило на MCFR $170 млн сроком на пять лет.

Molten Chloride Reactor Experiment мощностью до 500 кВт не будет производить электроэнергию, его задача — продемонстрировать ключевые физические характеристики, подтверждающие эффективность проекта. Запуск экспериментального реактора запланирован на конец 2025 года. После MCRE должен быть построен демонстрационный энергетический реактор MCFR-D, и только после этого появятся серийные коммерческие реакторы MCFR-CR мощностью 800 МВт.

Управлять неуправляемым

Текст: Наталия АНДРЕЕВА, руководитель аналитической группы «Другая стратегия», член Инвестиционного комитета Северо-Западного центра трансфера технологий
Фото: Росатом, Unsplash.com

Геополитика — геополитикой, санкции — санкциями, а проблемы управления наукой и научно-технологическим развитием никуда не денутся. Разве что усложнятся, потому что ни количественные, ни качественные методы оценки того, что наука привносит в социально-экономическое развитие, не помогают достигать целей, стоящих перед государством, обществом, бизнесом и самими исследователями. Как жить и что делать в таких условиях? Вопрос со многими вариантами ответа.

Казалось бы, наука — ровно та благодатная сфера, в которой, в отличие от остальных индустрий, еще можно реализовывать долгосрочные стратегии: жизненный цикл научного знания куда длиннее, чем у смартфонов или йогуртов, наука мало подвержена рыночным колебаниям — и значит, управленцы могут медленно и планомерно выстраивать необходимые изменения.

Но когда доходит до дела, выясняется, что принятые государствами/организациями подходы к управлению наукой не очень-то работают, а если работают, то приводят к незапланированным последствиям и неприятным сюрпризам. Причем и традиционное «управление по результатам, как в бизнесе» (гора количественных показателей), и «управление на основании внешней экспертизы» (качествен-

ная оценка) оказываются одинаково неэффективными.

Количественная гонка

Управление по результатам (количественные показатели и индустриальные метрики оценки науки, ориентированные на эффективность и результативность) принято ругать, и не без оснований.

Изначально использование исключительно количественных метрик было во многом вынужденной мерой: в 1980-х государства столкнулись с кризисом бюджетных дефицитов, в 1990-х — искали новые источники экономического роста и сделали ставку на концепцию инновационной экономики с ее [гипотетической] цепочкой «наука — инновации — экономический рост».

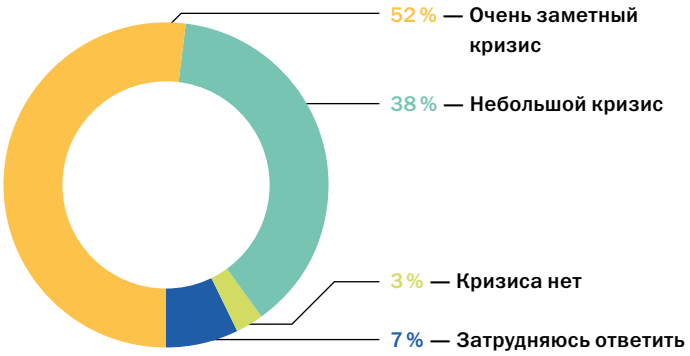
В результате в большинстве развитых (да и развивающихся) стран науку начали финансировать по модели «заказчик — исполнитель», для оценки научных результатов и вклада науки в социально-экономическое развитие использовали «индустриальные» метрики: количество статей, цитируемость и, в случаях с прикладными разработками, методику Technology Readiness Level, разработанную в свое время NASA, или ее аналоги.

В свое время такой подход к управлению наукой выглядел оправданным. Но, как и любые количественные методы, он страдал и страдает от очень характерных ошибок: измеряется то, что проще всего измерить (количество статей, цитируемость, индекс Хирша, объем денег, выделенных на одного исследователя), а не то, что важно (вклад в развитие научной дисциплины, признание сообществом, новизна); наука как объект примитивизируется (эффект от исследовательской деятельности не ограничивается статьями, но сосчитать можно только их); измеряются затраты, а не результат (процент ВВП, вкладываемый в науку, а не достигнутое счастье).

И, конечно, исследователи, как и любые жертвы количественных показателей, за долгие годы выработали способы сломать систему, начиная с выбора «модных тем», вроде гендера, diversity, мегасайенс и пр., и заканчивая снижением собственных стандартов для улучшения показателей (например, «размазывание» результатов исследования по пяти приемлемым статьям вместо публикации одной статьи, зато превосходной).

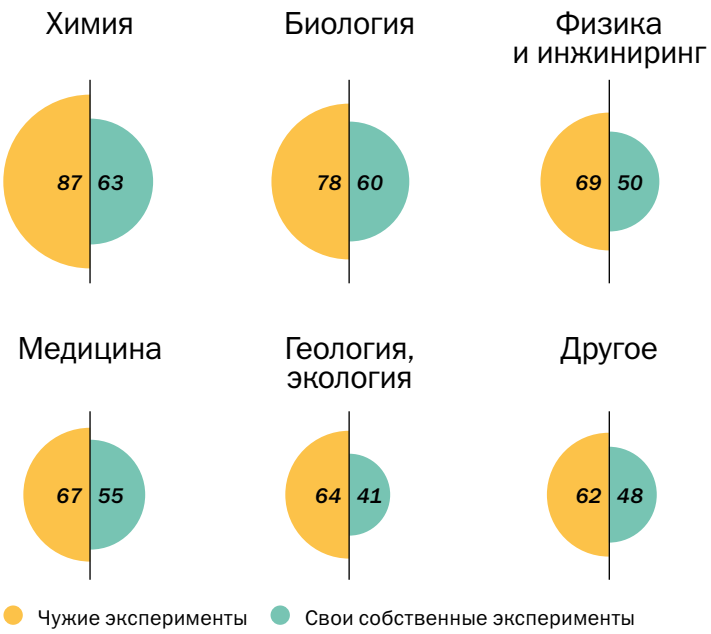
В итоге к 2020-м годам последствия ставки на управление через количественные показатели стали очевидны практически всем участникам процесса; самые заметные — падение качества научного результата и кризис воспроизводимости (свой вклад в него вносят вопросы коммерческой тайны и интеллектуальной соб-

Ответы на вопрос: «Как бы вы охарактеризовали ситуацию с воспроизводимостью в науке?»
(% ответивших)



Источник: Н. Андреева / «Атомный эксперт» по данным опроса Nature (2016)

Опрос по воспроизводимости (Nature): % исследователей, безуспешно пытавшихся воспроизвести эксперименты



Источник: Н. Андреева / «Атомный эксперт» по данным опроса Nature (2016)

ственности, то есть случаи, когда публиковать полностью открытые и достоверные результаты нельзя, но хотя бы что-то опубликовать надо).

Некоторые исследовательские организации уже многие годы пытаются смягчить последствия управления по результатам и гонки за показателями и повысить качество исследований, не прибегая к подтасовкам.

В университетах и научных центрах создаются специализированные подразделения, контролирующие и поддерживающие стандарты качества (офисы по научной этике и открытой науке, по обучению исследователей и пр.) — и зачастую формируются цифровые департаменты, помогающие ученым качественно работать с данными и тем самым обеспечивать воспроизводимость. Реализуются инициативы, позволяющие снять с исследователей нагрузку, которая не относится к исследовательскому процессу: создаются грантовые офисы, ведущие мониторинг множества фондов, профессионально готовящие заявки на гранты, формирующие отчетность и пр. Наконец, идет внедрение нового оборудования и новых лабораторных решений — роботизированных, гибких, полностью цифровых,— способных максимально упростить работу исследователей, освободив их от рутинных операций.

Но, судя по всему, предел эффективности этих мер уже достигнут — или они не дают системного эффекта (хотя они вполне могут заметно облегчать жизнь научных групп и организаций). Если верить результатам опросов журнала Nature, в химии неудачей заканчивается 90% попыток воспроизвести результаты чужих экспериментов, в биологии — около 80%, в физике и инжиниринге — почти 70%. В гуманитарных дисциплинах, скорее всего, ситуация еще хуже.

Проблемы возникают не только с воспроизводимостью научных результатов, но и с их применением. И речь не только о фундаментальной науке, но и о прикладных разработках.

Один из самых свежих (и тревожных) примеров такого рода — история с «блестящими» научными перспективами ИИ-решений / математических моделей в области диагностики COVID-19 (на основе машинной обработки рентгеновских и КТ-снимков). В 2020 году на эту тему было опубликовано более 2 тыс. статей. В итоге оказалось, что ни одна из предложенных моделей не применима в клинической практике.

Наконец, гонка за количественными показателями разрушительно влияет на научное сообщество в целом и на исследователей в частности.

Глобальный опрос журнала Nature 2021 года показал, что 40% исследователей недовольны своими должностями, 31% работают больше 50 часов в неделю (и только 2% получают денежную компенсацию за переработки), а 42% обращались или планируют обратиться к психологам, чтобы справиться с депрессией или расстройствами тревожного спектра, связанными с работой.

В таких условиях не удивительно, что в начале 2022 года в Великобритании состоялась забастовка работников университетов, протестовавших против ненормированной пандемийной нагрузки, неустойчивой занятости и пр.

Иными словами, количественные метрики и критерии, применяемые в науке, приводят не к появлению большего количества инноваций (новых технологий, бизнесов и пр.) и не к экономическому росту, а к фейковой или «мусорной» публикационной активности, достижению нежизнеспособных результатов (даже в прикладных дисциплинах) и едва ли не поголовному профессиональному выгоранию ученых.

Качественные проблемы

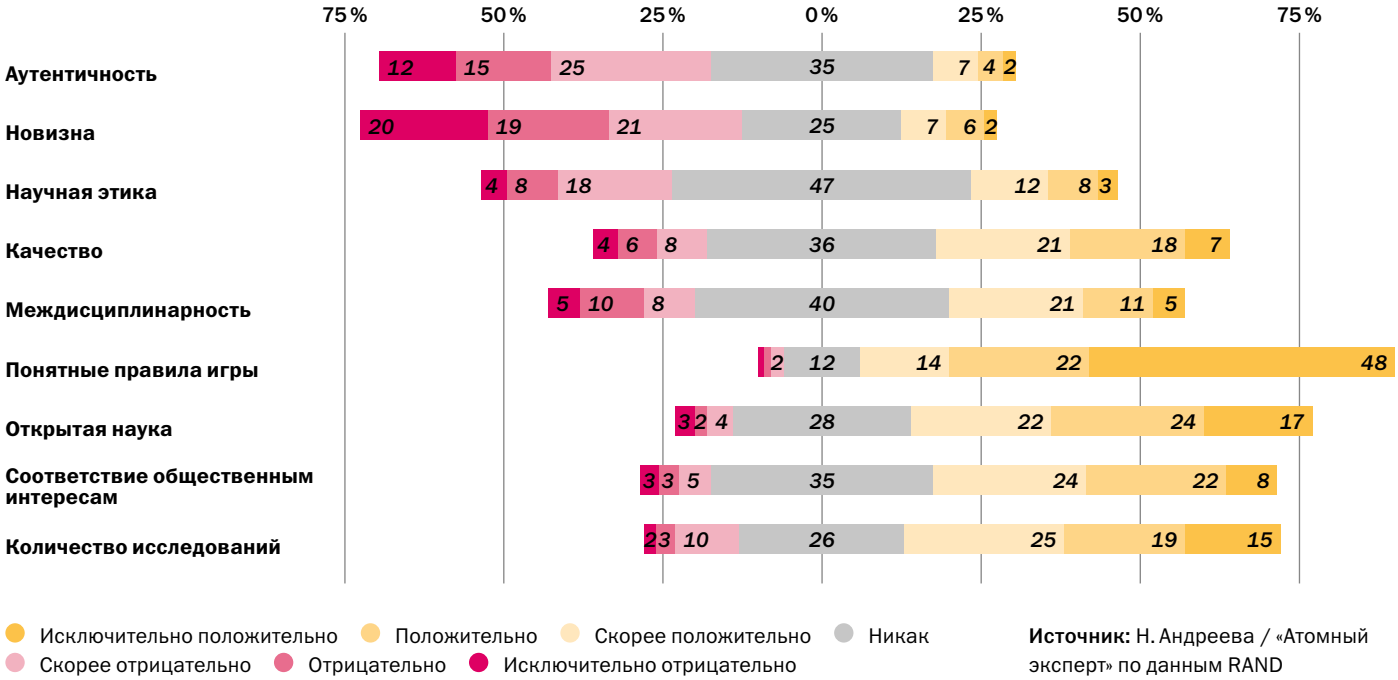
Хорошие новости в том, что в последние пять-семь лет в мире все-таки начался постепенный переход от количественных замеров к качественным, причем качество определяется, в первую очередь, как позитивный эффект, который экономика и/или общество получают от научных результатов и, шире, деятельности научных и исследовательских организаций.

С 2014 года в том или ином виде развивает качественные метрики и способы оценки науки Евросоюз (соответствующие требования заложены в очередную рамочную исследовательскую программу Horizon Europe). Кроме того, собственные системы оценки создаются и развиваются в отдельных европейских странах, в том числе в Великобритании (именно там создана самая известная система оценки вклада науки в социально-экономическое развитие Research Excellence Framework), Нидерландах (специальная процедура оценки для исследовательских подразделений университетов), Швеции (с 2019 года исследовательские центры, получающие финансирование от Национального совета по науке, сдают в качестве отчетности «примеры позитивного влияния научных результатов на экономику и общество») и пр.

Плохие же новости — в том, что польза от качественных и ориентированных на «вклад в развитие» метрик оценки пока сомнительна, причем как с точки зрения управления развитием науки, так и с точки зрения воздействия на исследователей и научные сообщества.

Во-первых, качественные метрики и требования, как и сон разума, рано или поздно рождают чудовищ. Особенно применяемые «на входе» в любые программы финансирования. Например, еще в 1981 году команда исследователей из университетов Нью-Йорка и Колумбии про-

Мнение исследователей: как REF-2021 повлиял на различные аспекты научной деятельности в Великобритании (% ответивших)



Источник: Н. Андреева / «Атомный эксперт» по данным RAND

анализировала результативность качественной оценки грантовых заявок в Национальном научном фонде США (National Science Foundation, NSF). Как выяснилось, шансы ученых получить грант по итогам peer review были примерно такими же, как если бы комиссия одобряла заявки случайным образом.

Свежий пример такого рода, рискующий стать хрестоматийным,— история Сабины Хоссенфельдер, немецкой специалистки по квантовой гравитации, получившей отказ от грантового фонда, поскольку ее исследования в области гипотезы инфляционной модели Вселенной не вносили вклад в разработку проблем «пола, гендера и diversity».

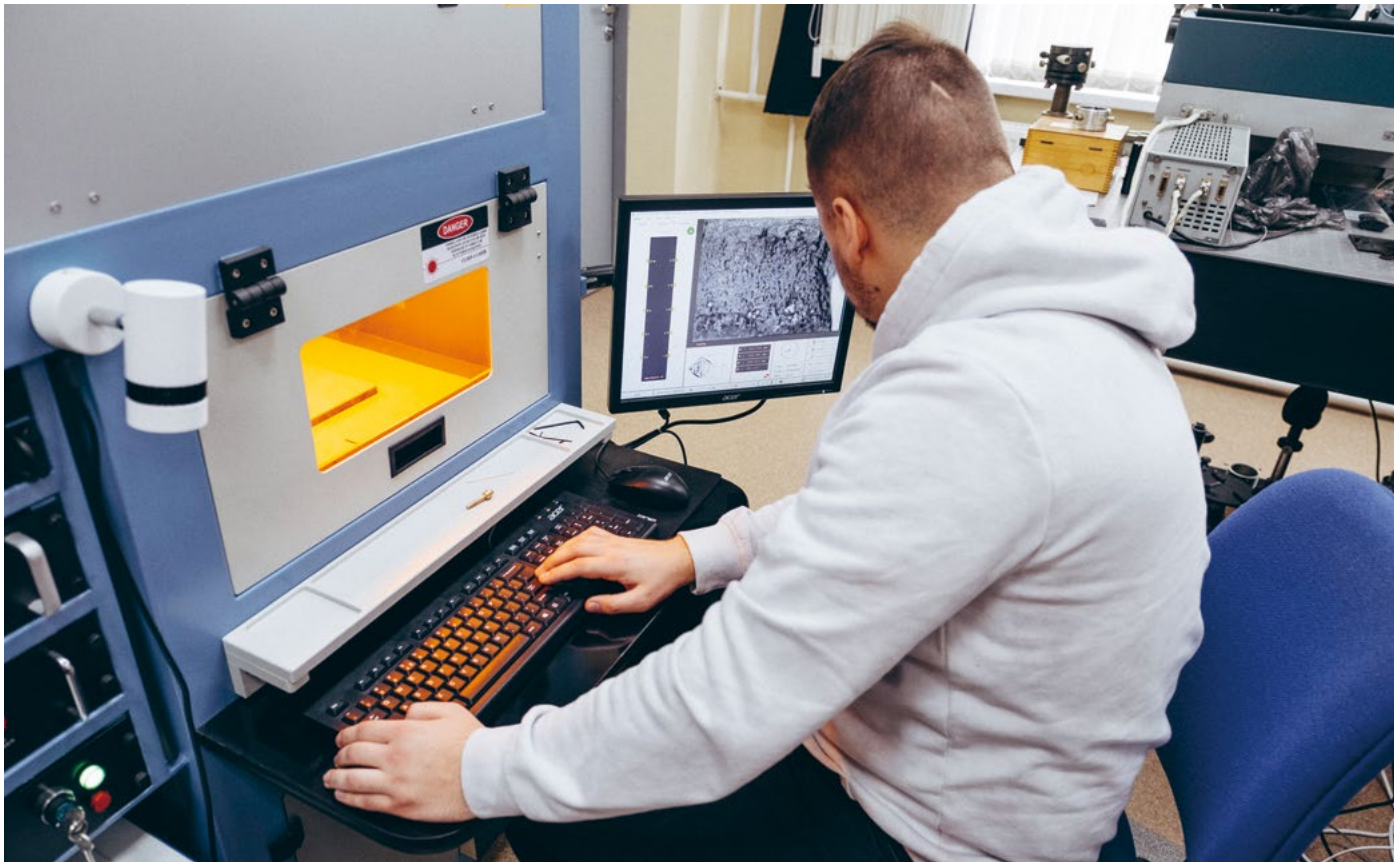
Во-вторых, для нормальной качественной оценки исследовательской деятельности нужно очень, очень много денег. Например, уже упоминавшаяся Research Excellence Framework обошлась всем участникам процесса — правительству, университетам и пр.— в общей сложности в сумму около $330 млн. С учетом того, что REF работает с 1986 года, можно представить, в какую сумму обошлась качественная оценка результатов,— и заодно усомниться в том, что результат того действительно стоил.

В-третьих, выгодополучатели по итогам качественной оценки — это, как правило, государства и фонды; самим исследователям бесконечная отчетность и вмешательства в научный процесс только мешают.

Как показал опрос британских исследователей, проведенный RAND, несмотря на отдельные позитивные моменты, в целом исследователи оценивают влияние системы REF на науку как негативное. Минусов в ней больше, чем плюсов (и для отдельных ученых, и для исследовательских организаций); зачастую результаты оценки негативно сказываются на карьере исследователей — в том числе из-за того, что оценивают результаты научной деятельности люди, слабо разбирающиеся в предмете оценки; наконец, исследовательские приоритеты самих ученых часто расходятся с приоритетами государства и общества.

И самый очевидный минус REF — маргинализация всего нового и прорывного, поскольку качественные метрики и экспертная оценка не избавляют процесс оценивания от эффекта колеи. Предустановленные качественные требования и мнения экспертов загоняют исследователей в привычные и общественно одобряемые темы ничуть не хуже, чем показатели вроде количества и цитируемости статей. И если от системы контроля качества заметно выигрывают открытость и прозрачность научного процесса (в том числе с точки зрения соответствия научных направлений интересам общества), то новизна и оригинальность исследований от REF и ее метрик откровенно страдают.

Кроме того, многие исследователи отмечают, что целеполагание REF не вполне ясно: непонятно, что, почему и зачем пытаются замерить — и какого вообще эффекта ожидают от научной деятельности с точки зрения развития экономики и общества. Особенно с учетом того, что ожидания эти меняются так же стремительно, как политическая повестка (то есть по десять раз на дню), а жизненный цикл исследований — как правило, несколько



лет, и за актуальностью просто невозможно угнаться.

Все это, как и давление количественных показателей, приводит к имитации — правда, уже другого рода: вместо «мусорных» публикаций и патентов, производящихся конвейерным способом, ученые вынуждены упражняться в изящной словесности и привязывать свои темы к актуальной повестке государств и фондов, хотя направление исследований фактически не меняется.

Сценариев же работы с управленческим кризисом, судя по всему, только два: сложный и фантастический.

Сверху вниз без перегибов

Сложный сценарий — обновить традиционный подход «управление по результатам», в той или иной форме ужесточив контроль за цепочкой «наука — инновации — экономика».

И самый доступный вариант — переориентировать научное финансирование на решение проблем конкретной страны вместо традиционного «обогрева космоса».

Отчасти переориентация на национальные проблемы и задачи опирается на популярную логику «больших вызовов» — сверхсложных проблем, которые не могут быть решены линейным наращиванием финансирования, требуют новых подходов к их решению и определяют приоритеты в области научно-технологической политики. Разница только в том, что вызовы эти — не глобального уровня (изменения климата, борьба с нищетой, решение проблемы ВИЧ/СПИД и пр.), а странового.

Именно этот вариант сейчас, очевидно, реализуется в Китае: в условиях усиливающейся изоляции страна сделала ставку на собственные силы — и собственную науку (не отказавшись, впрочем, от международного сотрудничества).

Китай реформирует научно-технологическую политику по принципу «китайская наука должна заниматься тем, что нужно Китаю, а не проблемами остального мира». Причем, если судить по планам на 14-ю пятилетку, трансформация затронет все компоненты научной сферы, начиная с Академии наук (превращение ее в сеть национальных лабораторий, работающих исключительно по актуальным для страны направлениям) и заканчивая развитием собственных высококачественных научных журналов, способных обеспечить трансформацию научной повестки в соответствии с национальными задачами. В такой же логике — ставка страны на сложившиеся центры научно-технологического превосходства (Пекин, Шанхай и пр.) и на работу с «дефицитными» научными направлениями, в которых Китай пока зависит от внешнего мира.

С точки зрения метрик это означает строгую привязку финансирования к приоритетным направлениям научно-технологического развития и, что немаловажно, частичный отказ от чисто количественных метрик: Китай, например, объявил о пересмотре подходов к оценке научной результативности и эффективности в 2020 году — и тогда же прямо запретил допла-

чивать исследователям за опубликованные статьи, чтобы не плодить «мусорные» публикации. При этом не менее трети статей исследователи должны публиковать в китайских научных журналах.

В мягкой форме ставку на национальные интересы в науке пытаются сделать и США. В 2021 году несколько членов Палаты представителей выступили с предложением обновить деятельность Национального научного фонда, в том числе — создать подразделение «Научные и инженерные решения» (Science and Engineering Solution), которое отвечало бы за «приложение» фундаментальной науки к главным общественным вызовам и проблемам США: неравенству (особенно в плане доступа к здравоохранению), национальной безопасности, решению вопросов изменения климата и пр. Билль получил одобрение Палаты представителей; сейчас ведется работа по согласованию отдельных его положений с одобренным ранее Актом об инновациях и конкуренции (Innovation and Competition Act, 2021).

(Правда, как уже было сказано, традиция имитации актуальности и востребованности живет в веках — как и низкий уровень компетентности лиц, принимающих реальные решения, и проблема маргинализации новых и потенциально перспективных отраслей из-за эффекта колеи).

Второй возможный компонент сложного сценария работы с управлением наукой — аутсорсинг: некоторые страны пробуют частично отдать управление прикладной наукой и научными приоритетами на откуп рынку и технологическим компаниям.

По этому пути (предсказуемо) идет уже упомянутый Китай: план на 14-ю пятилетку предполагает, что частью крупных научных проектов фактически будут управлять промышленные и технологические компании — именно им предстоит распределять полученное от государства финансирование; а научные институты Академии наук и университеты будут выступать партнерами, соисполнителями или субподрядчиками. Кроме того, компании, инвестирующие не только в прикладную, но и в фундаментальную науку, получат налоговые льготы.

В менее прямолинейной форме переориентируют прикладную науку на рынок США, создающие в рамках Национального научного фонда Управление по технологиям и инновациям, ответственное за то, чтобы критические технологии: био-, квантовые, полупроводники и пр.— разрабатывались в соответствии с потребностями технологических компаний и в перспективе становились новыми продуктами/услугами. Для решения этой задачи разворачивается сеть тест-бедов — полигонов для тестирования технологий и продуктов.

Похожая логика заложена и в общеевропейскую исследовательскую программу Horizon Europe, в рамках которой создается Европейский совет по инновациям, ответственный за эффективный трансфер технологий и обеспечение инновационного развития.

Позитивный эффект от рыночного подхода в части прикладных исследований состоит также в вовлечении академических исследователей и научных групп в контур корпоративной науки с ее технологическими консорциумами, динамичными исследовательскими экосистемами, продуктовым подходом и пр. С учетом того, что вложения корпораций в науку растут быстрее государственных, дополнительное взаимодействие науки с бизнесом может оказаться не такой уж плохой идеей.

Третий компонент, который может помочь модернизации модели «сверху вниз»,— применение венчурного подхода в науке.

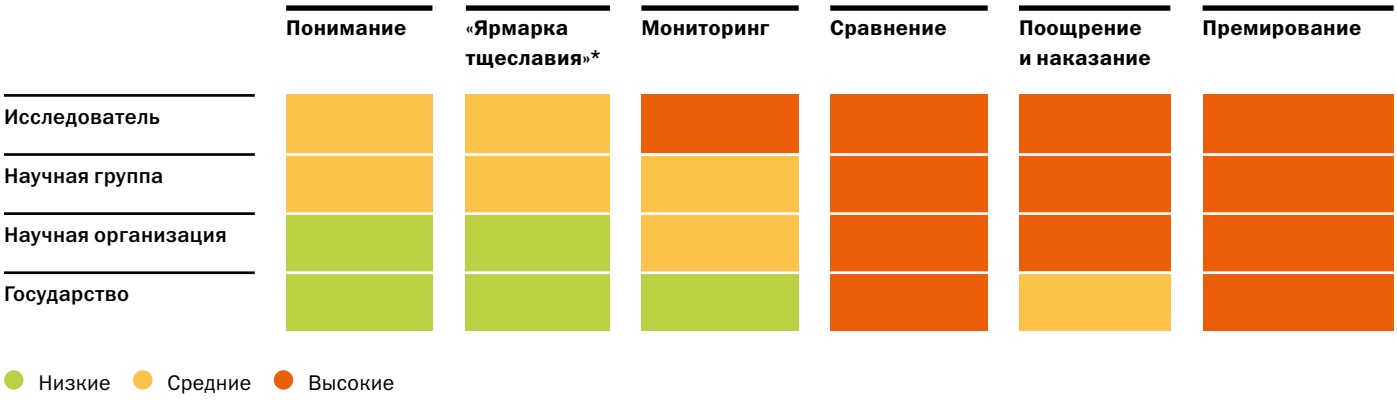
Его, например, прямо сейчас апробирует Великобритания: чтобы наконец-то обеспечить переток научного знания в экономику, британские коллеги создают Агентство по передовым исследованиям и изобретениям (Advanced Research and Invention Agency). Агентство будет действовать независимо от остальных государственных фондов и сфокусируется исключительно на научных проектах, которые потенциально могут привести к перевороту в сложившихся научных парадигмах или к революционным изменениям технологий и рынков. При этом предполагается, что финансирование будет распределяться буквально по принципу венчура — как посевные инвестиции в потенциально перспективные темы и направления.

Конечно, на практике у такого подхода может обнаружиться масса ограничений, в первую очередь — несовместимость венчурного принципа с принципом ответственности за расходование государственных денег. Инвестменеджеры «от государства», как правило, почему-то не хотят сидеть в тюрьме и предпочитают вкладываться в неоригинальные разработки вроде 3D-печати имплантов.

Но если описанный организационный эксперимент удастся, это будет новое слово в управлении наукой «сверху вниз»: в оптимистичном варианте традиционное «управление сверху вниз по результатам» может трансформироваться в более сложную систему, в рамках которой финансирование фундаментальной науки организуется по принципам венчура, а условно-прикладной — по принципу наибольшей востребованности технологическими компаниями.

К сожалению, в нашем сверхсложном и турбулентном мире ни китайский (только интересы страны, только хардкор!), ни более

Уровень рисков, возникающих из-за разных типов целеполагания / метрик у акторов научной деятельности



* оценка для позиционирования и маркетинга — рейтинги, кейс-анализ и пр.
Источник: Н. Андреева / «Атомный эксперт» по данным анализа Университета Лонгборо (2019)

мягкий американский/британский подходы, несмотря на их практичность, скорее всего, не дадут ожидаемых результатов.

Доказательность + сотрудничество

Поэтому имеет смысл внимательно рассмотреть второй сценарий — фантастический. А именно — перспективы создания системы нормального доказательного управления наукой, в первую очередь — аналитики, которая позволит понять, что и как влияет на развитие науки и на динамику научно-технологического развития.

Сама концепция доказательного управления сейчас очень популярна, в том числе в России. Но в науке ее применить очень сложно.

Во-первых, паттерны внедрения научных результатов в экономику/промышленность, а также эффекты от этого внедрения сильно зависят от отраслевой специфики. Например, если новые матмодели для искусственного интеллекта могут пройти путь от исследовательского проекта до продукта в течение года, то, допустим, новым моноклональным антителам придется добираться до рынка несколько лет.

Во-вторых, статистика и доступные управленцам индикаторы научного и технологического развития не позволяют судить о том, каким образом научное знание и результаты исследовательской деятельности превращаются в рыночные продукты и как устроен жизненный цикл научного знания (особенно в фундаментальной науке, для которой пока не придумали аналогов подхода Technology Readiness Level). Соответственно, очень сложно оценить вложения в исследования и разработки в чисто инвестиционной логике.

В-третьих, жизненный цикл научного знания и результатов исследований варьируется не только по отраслевому признаку, но и в зависимости от рыночного ландшафта: крупные транснациональные и национальные корпорации работают с технологиями и патентами одним образом, малые и средние компании (особенно удаленные от центров рынка) — другим.

К счастью, уже примерно понятно, как можно было бы решить эти проблемы.

Для начала — выстроить нормальную, обоснованную систему сбора и анализа ретроспективных данных, которая позволила бы вскрыть черный ящик научно-инновационного процесса если не в динамике, то хотя бы в состоянии «на текущий момент».

Само собой, речь идет не о традиционных статистических показателях и индикаторах, совершенно не отражающих ни качественные аспекты научных результатов, ни их потенциальную рыночную востребованность. **Система должна включать весь комплекс методов и метрик, пригодных для использования в работе со сложными объектами и системами, а именно:**

- статистический анализ (статистическое моделирование, лонгитюдный анализ, эконометрика, методы разности разностей, двойной разности, анализ распределительных эффектов);
- системный анализ (картирование научного знания, анализ социальных связей, байесианские сети, агентные модели, динамическое системное моделирование);
- текстуальный и нарративный анализ (кейсы, этнография, включенное наблюдение, сравнительный качественный анализ, интервью, фокус-группы, социологическое опросы, партисипаторный мониторинг, эстетика, устная история, сторителлинг, картирование культур и практик, репрезентация в литературе и публицистике);
- синтетические методы (мета-анализ, нарративный синтез, метод быстрых доказательств);
- анализ индикаторов (теория изменений, анализ логической структуры, окупаемость, оценка социального влияния).

Общая схема методики SCOPE (основные этапы)

Начать с целей и ценностей	**Учитывать контекст**	**Выбирать из нескольких систем оценки**	**Проверять на «защиту от дурака»**	**Оценивать результативность системы**
• Определить, что в объекте оценки является самым ценным и важным (для оценивающего). • Не использовать внешние /чужие метрики. • Не ориентироваться на имеющиеся данные (чтобы избежать эффекта колеи).	• Обеспечить увязку системы оценки с контекстом (научная дисциплина, отрасль и пр.). • Учитывать объект (исследователь, научная группа, институт). • Четко определить причины и задачи оценки.	• Проектировать систему оценки вместе с теми, кого планируется оценивать. • Использовать как количественные, так и качественные метрики. • Использовать количество для оценки качества ОЧЕНЬ осторожно.	• Кого система будет дискриминировать? • Как систему можно «взломать» и обмануть? • Каких последствий оценки можно ожидать? • Оправдают ли себя затраты?	• Помогла ли система оценки решить поставленные задачи?

Источник: Н. Андреева / «Атомный эксперт» по данным International Network of Research Management Societies

К сожалению, фантастическая задача создания такой системы — не самое сложное из того, что нужно сделать для эффективного управления наукой.

Самое сложное и критически важное — разработать систему оценки (хоть общегосударственного, хоть университетского, хоть институтского уровня) по принципу включенного проектирования. То есть мультипользовательский продукт, приносящий пользу всем сторонам, связанным с управлением наукой: министерствам, фондам, руководителям организаций, научным группам и каждому исследователю.

Во-первых, только такой подход позволяет согласовать интересы в части целеполагания системы оценки — и самого процесса этой оценки. Возможный спектр целей очень велик — начиная с «научного понимания» (описания и анализа науки, научных групп/организаций и отдельных исследователей как объектов управления) и заканчивая «оценкой для поощрения и наказания» (для поддержки одних видов/типов исследований и урезания финансирования другим). Не говоря уже о «ярмарках тщеславия» в виде рейтингов, системах премирования и мониторинге для отчетности. Если цели у разных игроков «научного рынка» различны, то исследовательская деятельность может вылиться в усилия лебедя, рака и щуки.

Во-вторых, включенное проектирование гораздо больше соответствует запросам молодых ученых. Потому что люди меняются, и, несмотря на то что некоторым в розовых мечтах все еще являются шарашки и призрак Лаврентия Павловича, фарш невозможно провернуть назад — и оценивать работу нового поколения исследователей по принципу «заказчик-государство — исполнитель-ученый» тоже нельзя (разве что за исключением очень прикладных сфер, где заказ конкретен и понятен). Технически, конечно, это возможно, но давление показателей и требований, полностью лишенных для исследователей смысла, поспособствует скорее их уходу из науки, чем повышению эффективности и продуктивности.

Конечно, в этой связи можно было бы долго шутить про «людей-снежинок» с их гиперчувствительностью и нежеланием терпеть неудобства, но поколенческая динамика — это факт, и управленцам всех уровней целесообразно ее учитывать. И нашим западным коллегам приходится это делать: молодые ученые начинают требовать подотчетности организаций (включая профессиональные ассоциации и университеты), прозрачного принятия решений, доказательного управления, институционализации ценностей равенства и инклюзивности и пр.

И в-третьих, включенное проектирование систем оценки — по принципам нормальной инженерии — позволяет исправить большинство возможных ошибок и учесть риски на ранней стадии разработки, а не в процессе выхода системы/продукта на рынок. Что, в свою очередь, может в разы снизить стоимость разработки и эксплуатации системы оценки науки.

Неудивительно, что первые подходы к созданию методик включенного проектирования оценки и управления в мире уже сделаны. Например, в 2014 году группа европейских исследователей сформулировала Лейденский манифест исследовательских метрик (Leiden Manifesto for Research Metrics), в который вошли 10 основных принципов оценки результативности исследований, в том числе: необходимость учитывать при оценке цели и «научные миссии» организаций, научных групп и отдельных исследователей, а также обеспечивать доступ оцениваемых к данным оценки и к методам анализа этих данных. (Конечно, Лейденский манифест — далеко не первый документ такого рода, однако именно он назвал взаимодействие

оценивающих с оцениваемыми одним из ключевых требований к системам оценки.)

Еще дальше пошла Международная ассоциация обществ научных менеджеров (International Network of Research Management Societies), в 2018 году разработавшая рамочную методику создания систем оценки результативности исследований по принципам дизайн-мышления — SCOPE. Один из важнейших компонентов этой методики — включенное проектирование: система оценки исследователей, научных групп и пр. должна создаваться в партнерстве с исследовательским сообществом, поскольку это единственный способ обеспечить точное соответствие системы «измеряемому объекту»; вне академии экспертизу в части того, как реально устроен научный процесс, получить физически невозможно.

Принципы SCOPE — и, шире, дизайн-мышления — уже применяются на практике.

Например, в Лейденском университете в 2018 году при разработке системы оценки одного из научных подразделений (геологического, как бы смешно это ни звучало) сотрудники Центра исследования науки и технологий, ответственные за оценку, использовали глубинные интервью с исследователями и специализированный воркшоп по методу дизайн-мышления. Команда Центра пришла к выводу: в процессе оценки необходима позиция «научного дипломата» (вместо «научного бюрократа/управленца») — человека, способного понимать и согласовывать, казалось бы, несовместимые вещи: политику и интересы организации, личные интересы исследователей, «внешнего мира» и пр.

Кроме того, принципы дизайн-мышления и включенного проектирования уже используются для работы со многими аспектами исследовательской деятельности — помимо разработки систем оценки. Например, для создания крупных научных проектов, финансируемых из Национального научного фонда США, используется целый набор методик, позволяющих управленцам взаимодействовать с исследователями. И все эти инструменты: фокус-группы и пользовательские комитеты, различные виды социологических опросов, неформальная обратная связь и профильные «исследования пользователей» (user research) — вполне могут применяться для выстраивания многопользовательских систем оценки науки.

Российский вариант

Еще несколько месяцев назад пространство маневра для управления российской наукой было довольно широким: геополитическая ситуация оставляла шансы на то, что российские научные команды и организации смогут «сыграть» на мировом технологическом рынке, войдя в глобальные цепочки поставок (даже если с коммерциализацией технологий в России все осталось бы по-прежнему — не очень хорошо). Кроме того, у страны были возможности и ресурсы для финансирования науки в венчурной логике — по огромному количеству направлений, заметная доля которых

не имела никакого отношения к приоритетам социально-экономического развития.

(Хотя вопрос о том, чтобы все-таки частично перенаправить научное финансирование на приоритеты, установленные Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации (СНТР), обсуждался с момента принятия стратегии в 2016 году. Но заметных изменений в этой области так и не произошло — возможно, в связи с неоднократно анонсированными планами пересмотра СНТР из-за изменений в приоритетах.)

В нынешней ситуации (санкции, галопирующая инфляция, более чем реальная угроза урезания бюджетов) самый логичный и вероятный вариант для России — повторение того, что делает Китай: жесткая приоритезация, концентрация ресурсов, привязка финансирования к экономическим и/или социальным эффектам, необходимым стране, принуждение науки и бизнеса к эффективному взаимодействию — и создание собственных научных «табелей о рангах».

Работа по последнему направлению уже идет: в России планируется создание Национальной системы оценки результативности научных исследований и разработок (по поручению зампреда правительства Д. Чернышенко). И предложения, озвученные на первом обсуждении этого вопроса 11 марта (Общественно-экспертный совет по нацпроекту «Наука и университеты»), практически полностью лежат в русле «китайской модели»: пересмотреть публикационную политику, расширить использование базы ведущих российских журналов Russian Science Citation Index, в качественной оценке результатов опираться на российских экспертов (в том числе из пула РАН) и пр.

Впрочем, потенциал для выстраивания доказательной системы управления, основанной на кооперации (вместо модели «заказчик — исполнитель»), в России все еще есть.

Во-первых, осторожный оптимизм вызывает тот факт, что создание новой системы оценки российской науки обсуждается публично — с привлечением РАН и университетов. До реального вовлечения исследовательского сообщества в проектирование этой системы, конечно, еще далеко, но есть шанс, что в нынешних экстремальных условиях удастся сгладить давнишний конфликт приоритетов исследователей, научных администраторов, государства, бизнеса и общества.

Во-вторых, в стране создана довольно сложная и разнообразная система поддержки науки. Принята программа «Приоритет 2030»; в рамках нацпроекта «Наука и университеты» развиваются профильные федеральные проекты; наконец, предложения министерства науки и высшего образования (платформа университетского технологического предпринимательства и передовые инженерные школы) вошли в Перечень инициатив социально-экономического развития. И большая часть этих инструментов работает не столько «сверху вниз», сколько в формате «если есть интересное предложение, будут деньги».

Кроме того, в «Приоритете 2030» предусмотрено создание научно-технологических консорциумов, а это, пожалуй, один из главных кооперационных инструментов в мировой практике (как именно получится его применить в российских условиях, пока не очень понятно, однако логики кооперации всех сторон, заинтересованных в развитии науки и технологий, это не отменяет).

В-третьих, надо понимать, что жесткая ставка на приоритеты вызовет, как минимум, брожение в научных сообществах: российская наука очень стабильна; у каждого российского университета и исследовательского центра есть своя, исторически сложившаяся специализация, и отказаться от нее будет очень непросто (например, анализ НИУ ВШЭ показал, что больше половины российских научных публикаций в зарубежных журналах так или иначе связаны с традиционными областями специализации). Поэтому, с учетом неумолимо приближающегося 2024 года и выборов президента, резкое закручивание финансовых гаек может привести к неприятным последствиям.

И наконец, высока вероятность того, что в 2022 году всем будет не до пересмотра научных приоритетов. Российской науке придется срочно разбираться с более приземленными и насущными проблемами: импортозамещением научного оборудования (комплектующих, реагентов и пр.) и сохранением кадров.

ИТЭР: планы на год

Текст: Надежда ФЕТИСОВА
Фото: Iter.org, Росатом

2022 год обещает быть насыщенным для России в плане работ для проекта ИТЭР: ожидаются несколько крупных поставок и завершение изготовления одного из испытательных стендов. «Атомный эксперт» ознакомился с графиком событий и разобрался, для чего нужны все эти системы.

Первый элемент центрального соленоида термоядерного реактора ИТЭР

Катушка полоидального поля

Событие: отгрузка катушки полоидального поля PF1 из Петербурга во Францию — май 2022 года.

Описание: катушка PF1 будет располагаться снаружи тороидальной магнитной системы ИТЭР и обеспечивать полоидальное магнитное поле, необходимое для создания плазмы, поддержания в ней тока и управления положением и формой плазмы.

Катушка — сложное изделие; его основа — восемь сверхпроводящих двухслойных двухзаходных галет. Для каждого из 16 кабелей катушки PF1 использовался изготовленный ранее в России (на предприятиях АО «ТВЭЛ», АО «ЧМЗ», АО «ВНИИНМ», АО «ВНИИКП») ниобий-титановый сверхпроводник, обладающий сверхпроводящими свойствами при сверхнизких температурах (около 4 К).

Россия поставляет одну из шести катушек полоидального поля. Остальные пять — ответственность Евросоюза. Четыре катушки (PF2 — PF5) настолько негабаритны, что их изготавливают и тестируют прямо на площадке ИТЭР. Катушку PF6 европейцы заказали Китаю.

Катушка PF1 будет устанавливаться последней. Это одна из двух катушек, изготавливаемых не на площадке ИТЭР.

Изготовители: важнейшие технологии и оборудование для катушки разработаны в АО «НИИЭФА». Сама катушка строится на Средне-Невском судостроительном заводе в Петербурге.

Цифры

9 метров
диаметр катушки

200 тонн
масса катушки

16 кабелей
из ниобий-титанового сверхпроводника в основе

Комментарий эксперта

Заместитель директора ЧУ «ИТЭР-Центр» Леонид ХИМЧЕНКО:

— Для чего нужны катушки полоидального поля? Если внешнее тороидальное поле вместе с собственным полоидальным полем тока образуют так называемое вращательное преобразование, которое является основой для удержания плазмы, то поле полоидальных катушек растягивает плазменный шнур в вертикальном направлении и создает диверторную конфигурацию, улучшая при этом параметры плазмы. Интересный факт: внутри реактора температура, как известно, будет в 10 раз выше, чем на Солнце, а в катушках — то есть буквально в паре метров от сердца реактора — самая низкая в Солнечной системе, около 4 К.

Катушка полоидального поля — объект уникальный и очень важный для функционирования реактора. С тороидальными катушками проще: все 18 таких катушек — однотипные, то есть достаточно «обкатать» технологию производства на одной и сделать остальные 17 точно такими же.

С нашей, полоидальной, так не выйдет. Мы просто не имеем права на ошибку. Поэтому к катушке предъявляются высочайшие требования по качеству со стороны принимающей стороны. В спецификации обозначены жесткие параметры: по току, по стойкости сверхпроводника, по электрической изоляции и качеству компаунда и так далее. А размерная погрешность при изготовлении такого гигантского изделия не должна превышать 1 мм.

У НИИЭФА уже есть успешный опыт изготовления похожих катушек для российских токамаков — конечно, меньшего размера, но в данном случае размер не так важен.

Катушка для ИТЭР разрабатывалась и изготавливалась с 2014 года, то есть около восьми лет. Очень много времени ушло на испытания сверхпроводников: необходимо было убедиться, что они способны выдержать параметры, заданные в спецификации. Затем была создана и утверждена в ИТЭР 3D-модель катушки. И только потом начались изготовление ее частей и сборка. Каждая ключевая операция контролировалась специалистами ИТЭР. Сейчас успешно проведены практически все ключевые испытания изделия, кроме высоковольтных — они будут проводиться перед отправкой, в присутствии экспертов ИТЭР.

Гиротроны

Событие: поставка первых четырех гиротронов на площадку сооружения ИТЭР — сентябрь 2022 года.

Описание: гиротрон — это мощный высокочастотный вакуумный генератор излучения.

В реакторе ИТЭР несколько систем так называемого дополнительного нагрева: ионно-циклотронный нагрев, нагрев нейтральными частицами и электронно-циклотронный нагрев, который и обеспечивается гиротронами.

Для каждого токамака подбирается своя резонансная частота гиротронов, зависящая от магнитного поля, которая должна находиться на определенном радиусе плазмы, именно на ней будет происходить максимальный (резонансный) нагрев электронов. Система электронно-циклотронного нагрева с гиротронами — одна из ключевых в ИТЭР.

В проекте ИТЭР предусмотрены 24 гиротронных комплекса. Это сложные установки: помимо самого гиротрона, необходимы также источники питания, системы охлаждения, защиты и управления. Россия поставляет треть гиротронов для ИТЭР, то есть восемь систем. Остальные поставщики гиротронов — Европа, Япония и Индия.

Изготовители: разработка и научное руководство — Институт прикладной физики РАН; непосредственное производство — «ГИКОМ» (Нижний Новгород).

Цифры

1 МВт
выходная мощность гиротрона ИТЭР

170 ГГц
частота излучения, с погрешностью не более 0,3 ГГц

> 50%
КПД устройства

Комментарий эксперта

Руководитель проекта — ведущий научный сотрудник ЧУ «ИТЭР-Центр» Александр УСТИНОВ:

— Гиротрон работает в собственном магнитном поле и не терпит внешних полей, а токамак, как известно,— очень насыщенная магнитная система. Поэтому для гиротронов было спроектировано специальное здание. Там располагаются высоковольтный источник, необходимый для работы этих приборов, некоторые вспомогательные системы и собственно гиротроны.

Задач у гиротронов несколько. Во-первых, это главная система, обеспечивающая пробой и инициацию плазмы. Во-вторых, после того как плазма немного нагреется, гиротроны подогреют ее до нужной температуры. В-третьих, электронная циклотронная мощность очень хороша для возбуждения токов по тороидальному обходу, которые нужны для создания устойчивой конфигурации плазмы.

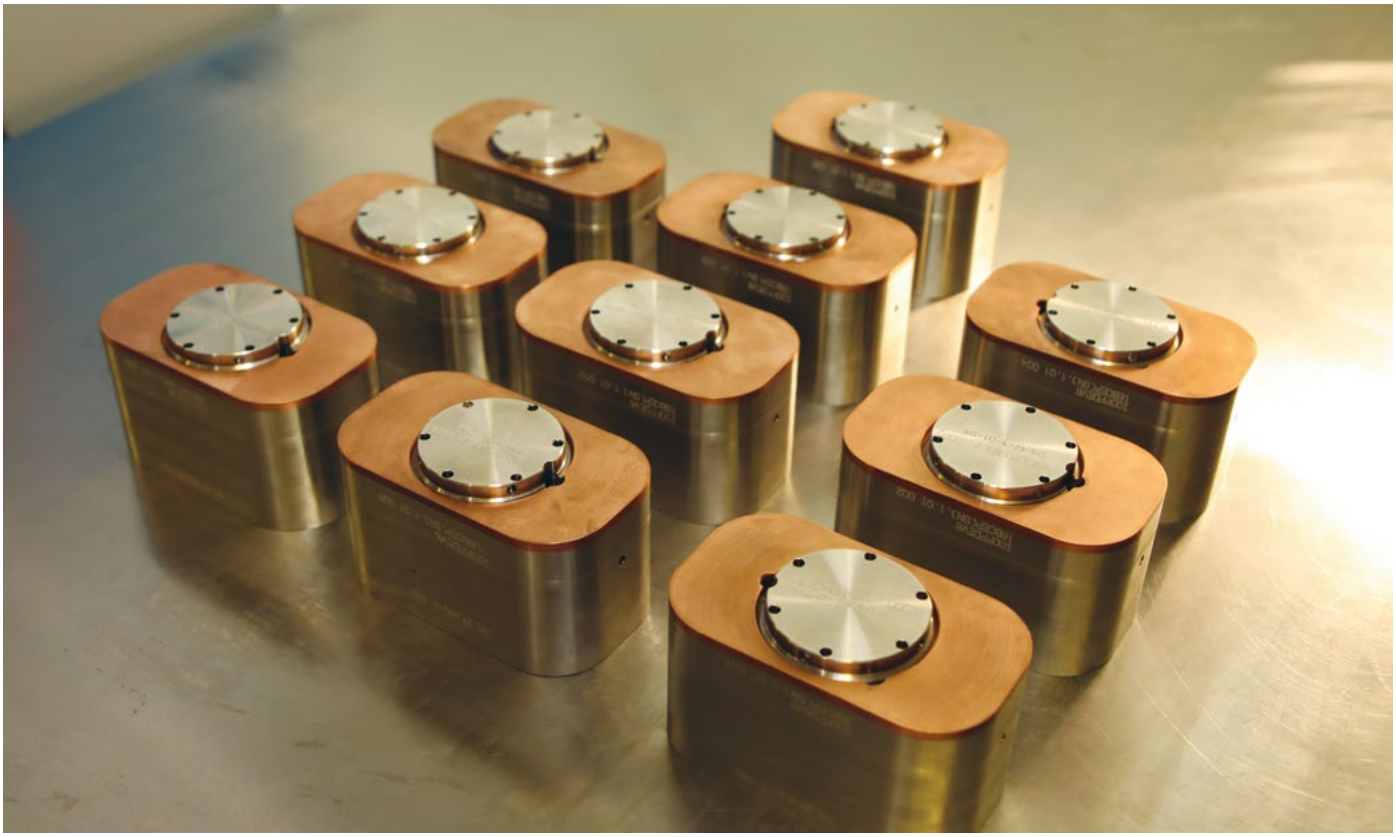
Кроме того, в плазме при некоторых порогах мощности могут возникать островки неустойчивости, очень опасные для взаимодействия с первой стенкой. Так вот, гиротроны могут работать в импульсном режиме и подавлять возникающие неустойчивости.

Сейчас в России изготовлены шесть из восьми запланированных гиротронов, пять прошли заводские испытания. Мы могли бы отправить их во Францию и раньше, но не была готова сама площадка — поэтому первая поставка состоится только этой осенью.

Можно с уверенностью говорить о том, что Россия — мировой лидер в области изготовления гиротронов. У наших приборов превосходные параметры: великолепная надежность, очень высокий КПД, колоссальный ресурс: для ИТЭР — порядка 1000 секунд при надежности 95%.

Образец, разработанный специально для ИТЭР, оказался удивительно востребованным. Производитель — «ГИКОМ» — взаимодействует с Китаем, Кореей, Индией, Японией.

Гиротрон — прибор широкого назначения, позволяющий решать не только научные, но и прикладные задачи. Институт прикладной физики разработал целую линейку этих приборов, которые находят технологическое применение: для обработки материалов, поверхностей, спекания керамик.



Пьедесталы соединителей модулей бланкета

Событие: отправка последней партии пьедесталов электрических соединителей модулей бланкета — ноябрь–декабрь 2022 года.

Описание: биметаллические пьедесталы электрических соединителей модулей бланкета входят в состав внутрикамерных компонентов системы бланкета ИТЭР.

В дальнейшем, при сборке реактора, на пьедесталы будут установлены электрические соединители модулей бланкета (их тоже изготавливает Россия). Электросоединители предназначены для замыкания токов, наведенных в модулях бланкета во время срывов плазмы на стенку вакуумного корпуса реактора.

Задача соединителей — зафиксировать модули бланкета от перемещений в радиальном, полоидальном и тороидальном направлениях.

Пьедесталы необходимо приварить к вакуумной камере реактора до получения первой плазмы.

Изготовители: АО «НИКИЭТ» (Росатом), АО «Композит» (Роскосмос).

Цифры

1 052

пьедестала изготовила Россия

8 000 страниц

общий объем документации к изделиям

Комментарий эксперта

Руководитель проекта соединителей модулей бланкета и панелей первой стенки ЧУ «ИТЭР-Центр» Антон ПУТРИК:

— Для АО «НИКИЭТ» (организации, ответственной за изготовление всех соединителей модулей бланкета) это был первый опыт создания изделий для ИТЭР.

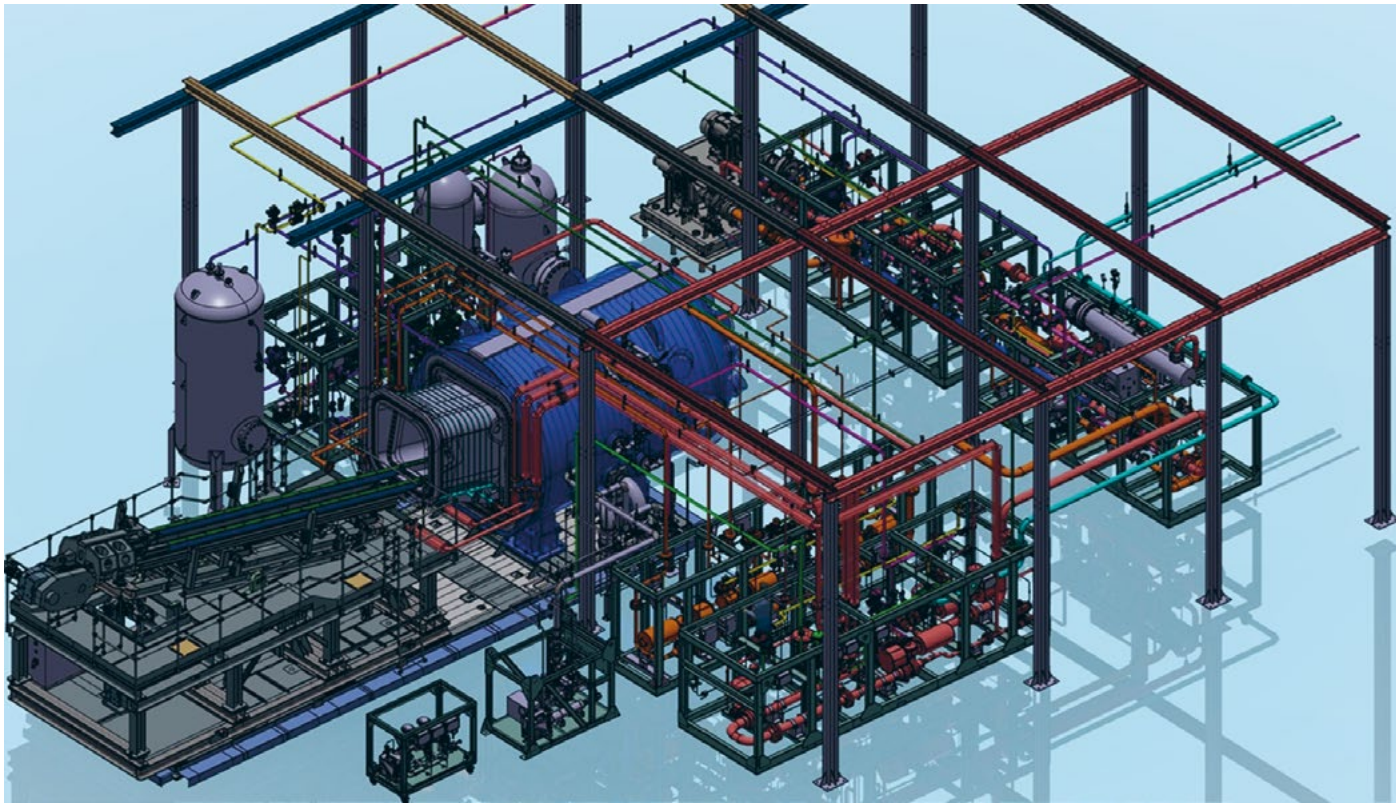
Весь процесс производства занял чуть больше трех лет и состоял из четырех фаз. Первая — подготовка и утверждение документов. Вторая — закупка материалов. Третья — изготовление. Четвертая — приемочные испытания.

Каждый этап производства был адаптирован к требованиям ИТЭР. Общий объем утвержденной документации (включая чертежи, процедуры, описание процессов изготовления, отчеты) — порядка 8 тыс. страниц.

Каждая фаза производства была непростой. Например, заготовки для пьедесталов изготавливаются из хромциркониевой бронзы (верх) и нержавеющей стали (низ). У ИТЭР особые требования к составу материала, изготовить нужные материалы может далеко не каждое предприятие.

Для изготовления заготовок пьедесталов методом горячего изостатического прессования потребовалось участие АО «Композит». Следует отметить высокое качество совместной работы АО «НИКИЭТ» и АО «Композит»: 99,99 % заготовок были признаны годными для производства пьедесталов.

Успешно проведенные приемочные испытания всех пьедесталов, изготовленных в соответствии с высочайшими стандартами качества ИТЭР, — предмет особой гордости для АО «НИКИЭТ» и АО «Композит». Это создаст организациям репутацию и укрепит их позиции на мировом рынке высокотехнологичного оборудования.



Цифры

25–45 тонн

вес одного порт-плага

10^{-6} Па

давление в вакуумной камере испытательного стенда

3,5 метра

диаметр испытательного стенда

Стенды для испытаний порт-плагов

Событие: изготовление первого стенда, ноябрь–декабрь 2022 года.

Описание: порт-плаги — это модули, позволяющие разместить системы для диагностики параметров плазмы внутри реактора, защищающие оборудование от потока нейтронов и снижающие радиационный фон в зонах, требующих доступа специалистов.

Такие системы будут установлены по всему периметру вакуумной камеры токамака. Всего будет установлено 40 порт-плагов, четыре из них изготовит Россия.

Порт-плаги — сложные и дорогие устройства, они должны работать надежно. Поэтому перед установкой в реактор они пройдут проверку на испытательных стендах: вакуумные, тепловые и функциональные испытания в условиях, приближенных к условиям работы реактора ИТЭР. Россия должна изготовить и поставить до 2026 года все четыре стенда, первый — уже в следующем году.

Изготовители: порт-плагов — Институт ядерной физики СО РАН; испытательных стендов — «НПО „Группа компаний машиностроения и приборостроения“» (Брянск).

Комментарий эксперта

Руководитель проекта испытательных стендов порт-плагов ЧУ «ИТЭР-Центр» Юрий РУМЯНЦЕВ:

— Работы по изготовлению стендов ведутся с 2011 года. Предварительно было изготовлено несколько макетов для отработки самых сложных технологических процессов.

Стенд — уникальное устройство, аналогов в мире нет. Он состоит из нескольких систем. Главный элемент — камера с глубоким вакуумом; кроме того, в нем предусмотрены системы погрузки и выгрузки порт-плагов, нагрева, вакуумирования, контроля и измерений, электрическая. На стенде проводятся разные виды испытаний, например, порт-плаги нагреваются до 240 °C в три цикла, проверяются на герметичность, определяется газовыделение из этих устройств. Также проводятся функциональные испытания — они индивидуальны для каждого устройства и зависят от приборов, отвечающих за работу с плазмой.

Стенды будут размещены в отдельном здании недалеко от главного. Мы должны поставить стенды на площадку ИТЭР в блоках, а на площадке их установят и состыкуют. Например, блоки системы нагрева очень большие — 12 метров в длину. Они должны быть полностью укомплектованы всем необходимым оборудованием (насосы, клапаны и так далее) и испытаны перед отправкой.

Все 40 порт-плагов пройдут проверку на наших стендах. Каждая проверка в среднем занимает пять месяцев. Испытания будут идти параллельно на всех четырех стендах.

Комментарий эксперта

Глава ЧУ «ИТЭР-Центр»
Анатолий КРАСИЛЬНИКОВ:

— Сейчас главная задача всех домашних агентств ИТЭР — обеспечить поставку оборудования, дабы не задержать выход проекта на первую плазму.

Какие системы, необходимые для первой плазмы, изготавливает Россия? Во-первых, мы ответственны за все верхние патрубки. В кооперации задействованы НИИЭФА им. Д. В. Ефремова (разработчик и координатор работ) и завод MAN в Германии. Пока работы идут четко по графику.

Вторая крупная система — катушка PF1, самая верхняя из полоидальных. Отправка на площадку ожидается в мае этого года. С учетом сроков монтажа установки мы существенно опережаем график.

Третья важная позиция — шинопроводы, коммутирующая аппаратура, коммутаторы, размыкатели, резисторы — огромный ассортимент.

Международная организация ИТЭР ведет монтаж «с колес»: как только приходит автотранспорт с нашим грузом, начинается его установка. Учитывая пандемийные ограничения, логистика не самая простая. Тем не менее мы плотно взаимодействуем с европейскими коллегами — за прошедший год, например, отправили восемь караванов, 40 машин. В этом году планируем примерно такой же объем поставок.

Это три крупнейшие позиции, за которые Россия отвечает при монтаже установки. Кроме того, до первой плазмы запланированы поставки порт-плагов, диагностических систем. Здесь мы тоже идем более-менее по графику; к сожалению, из-за сложностей с поставками от партнеров (в частности, из США и Кореи) иногда случаются задержки, но критичного отставания нет. Все гиротроны, нужные к первой плазме, мы уже изготовили.

Пандемия, конечно, усложнила нам жизнь, но и заставила искать новые решения: например, очень много приемок сейчас проходит в онлайн-формате, регулярные заседания ИТЭР тоже ведутся дистанционно. Более того, в прошлом году ЧУ «ИТЭР-Центр» запустил проект по созданию инфраструктуры для проведения дистанционных экспериментов. В большинстве российских научных организаций, занимающихся термоядерной тематикой, создаются системы пультовых, которые позволят ученым нашей страны взаимодействовать друг с другом и с зарубежными коллегами.

Благодаря проекту ИТЭР мы выстроили в России технологическую платформу, необходимую для создания национальной термоядерной энергетики. Напомню, Россия изготавливает для ИТЭР 25 различных систем: диагностические, компоненты вакуумной камеры, электромагнитной системы и так далее. Мы изготавливаем 40 % первой стенки — самые энергонапряженные элементы, а также стенд для их испытаний. В этой работе задействованы крупнейшие научные центры и промышленные предприятия страны: НИИЭФА им. Д. В. Ефремова, НИКИЭТ им. Н. А. Доллежаля, Институт прикладной физики, Физико-технический институт РАН, Институт ядерной физики РАН, «ТРИНИТИ», Курчатовский институт и другие.

По нашим подсчетам, в России благодаря проекту ИТЭР созданы 64 центра технологического роста: технологические линии на заводах, научно-исследовательские и научно-технологические стенды в научных центрах и так далее. И все эти структуры не прекратят работу после того, как мы выполним все свои обязательства перед ИТЭР, они продолжат развиваться.

Проект ИТЭР — это локомотив, требующий создания таких технологий, приборов и оборудования, которых раньше не существовало. Принято говорить: «Работа выполнена на мировом уровне»,— а здесь мировой уровень формируется теми работами, которые мы выполняем.

Можно привести много ярких примеров. Например, для первой стенки мы изготавливаем модули из бериллия; на них «смотрит» плазма температурой 300 млн °С, они испытывают сильнейшее нейтронное излучение. Или, скажем, алмазные детекторы — на базе этих разработок ЧУ «ИТЭР-Центр» по заказу Росатома создало дозиметры, востребованные для лучевой терапии в Обнинском МРНЦ им. А. Ф. Цыба. Или российские гиротроны — они признаны лучшими в мире и даже превышают по некоторым характеристикам высочайшие требования, заложенные ИТЭР в спецификации.

Одна из диагностических систем, разработанных Россией для ИТЭР,— активная спектроскопия. Она состоит из нескольких зеркал: первое «смотрит» на плазму и направляет ее излучение на второе зеркало, второе — на третье, третье — в спектрометр. Первое зеркало принимает на себя потоки тепла, нейтронов, гамма-квантов, как и вся первая стенка. Его изготовило из монокристаллического молибдена НПО «Луч» ГК «Росатом».

В спектрометрах, которые мы применяем, используются оптические волокна повышенной радиационной стойкости — они могут работать в условиях нейтронных и гамма-полей. Для диагностики создаются уникальные оптические приборы, в которых применяются голографические решетки. Для томсоновского рассеивания созданы компактные сверхмощные лазеры — таких раньше в мире не было. И так далее, и так далее.

Все эти уникальные технологические решения, несомненно, найдут применение не только в атомной, но и в других отраслях — например, космической. А самое главное, в России есть люди (в основном, молодые), которые это создали и умеют с этим работать. То есть формируется колоссальный кадровый и научный потенциал страны — молодежь, которая будет востребована в передовых областях науки и техники.

Какими будут АЭС будущего

Текст: по материалам АО «РАСУ»
Фото: Envato.com, Flickr.com/ This is Engineering

Как эволюционирует промышленная автоматизация на АЭС? В каком виде будут применять на атомных станциях элементы искусственного интеллекта? Как изменится работа операторов? Мы попросили специалистов из различных подразделений РАСУ пофантазировать, как может измениться АСУ атомных станций через 20, 30, 50 лет.

Все гениальное — просто

Андрей АБРАМОВ, главный эксперт отдела развития программно-технических компонентов:

— В утопическом идеале управление энергоблоком хотелось бы свести к трем устройствам: кнопки «Пуск», и «Останов», регулятор мощности. Пока такое можно увидеть только в фантастических фильмах, но стремиться к этому надо.

Сегодня подобный подход вполне реализуем на уровне отдельных небольших систем.

Совершенствование человеко-машинного интерфейса приведет к тому, что на экранах будут по умолчанию отображаться только самая важная информация и сообщения об отклонениях/сбоях в работе устройств. Детальная же информация будет доступна по запросам. Это позволит сфокусировать внимание пользователя на самом важном.

Будет активно работать система помощи оператору. Она реализуется в нескольких форматах:

- ненавязчивые советы по оптимизации технологического процесса с указанием органов управления, которые могут повлиять на оптимизируемый процесс;
- предупреждения о возможных негативных последствиях при выполнении оператором того или иного действия;
- компоновка информации на экранах таким образом, чтобы результат управляющих воздействий был интуитивно понятен и предсказуем (высокоэргономичный интерфейс).

Система сигнализации станет интеллектуальной, что исключит «вал» сообщений, на который пользователь не в состоянии отреагировать.

Система диагностики оборудования, вместо того чтобы выдавать информацию обо всех диагностируемых параметрах, будет присылать сообщения лишь о критичных нарушениях. Детальная же информация будет доступна по запросам операторов.

Когда всё это станет реальностью? К сожалению или к счастью, консервативный подход к нововведениям, основанный на приоритете безопасности, не позволяет быстро внедрять прогрессивные идеи. За последние 20 лет создания ИВС и СВБУ я наблюдал главным образом совершенствование аппаратной части контроллеров и компьютеров. Пользовательский же интерфейс радикально не изменился.

Кроме того, персонал АЭС довольно консервативен и при реализации большинства проектов не готов принять обновленный вид индикаторов. А при модернизации старых блоков люди часто просят воспроизвести привычный архаичный интерфейс, что огорчает. На новые блоки назначают персонал с опытом, то есть людей, успевших поработать на старых блоках, у которых сформировались определенные стереотипы. Вот эти самые стереотипы и препятствуют внедрению новых идей.

Большей частью нововведения обусловлены совершенствованием компьютерной техники и привычками, сложившимися в быту. Функции интерфейса, опробованные, условно говоря, на смартфоне, достойны перекочевать в интерфейс АЭС.

Например, сейчас происходит постепенный переход на сенсорные экраны. 3D-технологии прижились в обучающих курсах, где ремонтный персонал может разобрать и снова собрать виртуальный узел, посмотреть, как он устроен, прежде чем обслуживать реальную «железку».

Чего же нам ожидать в ближайшие десятилетия? Возможно, голограммы станут реальностью, и мы будем осваивать технологию представления информации в пространстве.

Я почти уверен, что будет реализован промышленный Wi-Fi и станет возможной передача информации пользователям на персональные планшеты. Это особенно актуально для ремонтников: кроме заданий на проведение работ, они получат доступ к справочной информации. На планшеты можно будет рассылать и аварийные оповещения.

Исследовательские работы, проводимые норвежскими коллегами из IFE, показали, что если случается авария, а руководителя в это время нет на рабочем месте, но он мгновенно получает всю информацию на планшет, то сроки ликвидации аварии значительно сокращаются. Но пока использованию планшетов на АЭС препятствуют ограничения службы безопасности и отсутствие Wi-Fi.

Возможно, широкое распространение получит система управления голосом. Сейчас она несовершенна, и нам сложно представить себе, как операторы бормочут на рабочих местах «заклинания», мешая друг другу. Кроме того, рев сигнализации заглушит все команды. Может быть, в будущем система распознавания сможет слышать только голос «хозяина» при любом шуме. Тогда никто чужой не сможет проникнуть на блок и безнаказанно управлять его оборудованием.

Кстати, система идентификации пользователей наверняка будет использовать биометрические данные вместо ввода логина и пароля.

Будет ли на АЭС искусственный интеллект? Конечно, но что это такое? Та же программа, написанная человеком, только ее параметры способны корректироваться по мере накопления опыта работы. Сейчас программы управления отдельными узлами и системами уже успешно работают на АЭС, но их параметры по мере эксплуатации корректирует человек. Искусственным интеллектом это не назовешь, хотя функции, выполняемые системами, те же.

Мне сложно представить искусственный интеллект как единственный и единый орган глобального управления энергоблоком. В этом случае управление блоком свелось бы к тем трем кнопкам: «Пуск», «Стоп», «Мощность», о которых я говорил в самом начале.

Вероятнее всего, искусственный интеллект будет выполнять роль мудрого наставника, советовать оператору: «Давай-ка подкрутим вот этот регулятор. Тогда тепловую мощность можно будет сохранить, а расход питательной воды станет меньше». Оператор добродушно разрешит: «Ну ладно, подкрути, если считаешь нужным». При этом автоматика временно получит доступ к управлению регулятором.

Вот только не надоест ли этот «интеллект» оператору своими непрерывными советами? Ведь думает машина быстро и каждую минуту найдет что оптимизировать. Как гиперактивная жена, чья голова всегда полна идеями по улучшению быта. В придачу к искусственному интеллекту каждому оператору нужен будет персональный психолог.

Полностью доверять управление искусственному интеллекту я бы не стал — ежеминутная оптимизация оборудования быстро выведет его приводы из строя. Впрочем, задачу защиты оборудования от гиперактивности искусственного интеллекта также можно поручить искусственному интеллекту — пусть добьется компромисса между эффективностью управления блоком и ресурсом работы оборудования.

Эволюция автоматизации

Алексей ЛЯКИШЕВ, начальник отдела разработки РЭА:

— Каким образом эволюционирует промышленная автоматизация? Увеличится количество умных датчиков и как следствие — вырастет объем информации, передаваемой и обрабатываемой в АСУ. Вырастут вычислительные мощности для анализа событий, реакции на события на основе обучения и тренировочных симуляторов, для прогнозирования и предупреждения аварий.

Повысятся безопасность и надежность, увеличится жизненный цикл АСУ ТП благодаря модульности, самообучению систем с использованием нейросетей, а также ИИ.

Продолжится роботизация производства, будут внедрены умные исполнительные механизмы, повысится интерактивность управления технологическим процессом (ТП), для которого будет внедрен локальный ИИ.

Человек станет подключаться к системе через нейроинтерфейс. Сети передачи данных мигрируют к синхронизированным (TSN) и программно-определяемым (SDN) с гарантированной доставкой пакетов по времени и развитыми сервисными функциями.

Повысится защищенность каналов передачи данных, как внешних, так и внутренних. Будет реализовано резервирование на всех уровнях.

Возможно объединение АСУ разных ТП в единую систему и их работа под управлением глобального ИИ.

Для прогнозирования и предотвращения аварий будут максимально использоваться диагностика и самодиагностика узлов.

Электронная начинка миниатюризируется, повысится ее надежность, возрастут диапазон температур, устойчивость к радиации и электромагнитному излучению.

Роботы заменят человека

Владислав ХРОБОСТОВ, руководитель обособленного подразделения (Саров):

— Промышленная автоматизация, тем более АСУ ТП на АЭС, весьма консервативна, и ее эволюционное развитие будет в любом случае не очень стремительным. Тем не менее я уверен, что роль человека будет постепенно снижаться.

Через 20 лет для всего техпроцесса будут реализованы цифровые нейросетевые модели как основа автоматического управления. В критических ситуациях человек будет получать инструкции по управлению, обслуживанию, вводу оборудования в эксплуатацию и выводу из нее. Датчики и промежуточные контроллеры заменят IiOT-устройства. Для монтажа, обслуживания и ремонта будут повсеместно использоваться средства дополненной и смешанной реальности.

Через 30 лет тренд на снижение численности эксплуатационного персонала сохранится. Человек будет постепенно становиться наблюдателем. Мониторинг и управление группой объектов/энергоблоков будут вестись из единого диспетчерского центра. Средства виртуализации и миниатюрные сенсоры (их размеры будут уменьшаться, а «интеллект» — нарастать) позволят детально «видеть» физические процессы, происходящие внутри контролируемого технологического оборудования. Люди будут выезжать на объекты только после получения извещения от оборудования о необходимости ремонта/замены узла.

Через 50 лет о понятии автоматизации в принципе можно будет забыть. Воздействие человека на объект в ходе эксплуатации потребуется исключительно для его включения/отключения. А также, конечно, для контроля/управления специальными робототехническими комплексами и беспилотными транспортными средствами, необходимыми для перемещения/монтажа/замены узлов и систем. Процесс монтажа/замены/обслуживания на площадке упростится донельзя, поскольку все блоки будут заводской готовности: снял старый — поставил новый.

Умные девайсы на АЭС

Константин САХАРОВ, директор департамента информационной и компьютерной безопасности АСУ ТП:

— Наблюдается тенденция к децентрализации управления технологическими процессами АЭС: скоро микропроцессорная техника будет встраиваться в исполнительные механизмы, датчики и так далее. Сейчас, например, на среднем уровне у нас стоят шкафы автоматики, управляющие задвижками, клапанами и вентилями, а в будущем сами приводы и датчики станут умными, сами будут обрабатывать информацию и передавать ее дальше, диагностическим системам либо общим системам мониторинга.

То же самое будет происходить в части обеспечения безопасности. Сейчас в 90% случаев механизмы безопасности реализуются наложенными средствами (покупка дополнительных технических средств или ПО: межсетевого экрана, диода данных, антивируса и так далее). Через 10–15, максимум 30 лет произойдет смещение в сторону исполнительных механизмов (смартдевайсов): в сами устройства будут встроены средства защиты (антивирус, экран). Это повысит общий уровень безопасности АЭС. Сейчас мы, грубо говоря, защищаемся «лоскутно»: многие технические средства сделаны и проектировались без встроенных механизмов защиты, так как на первом месте были экономика и функциональность. Есть и другие край-

ности — урезанный функционал и высокий уровень безопасности. Надеюсь, будет найден оптимальный баланс, который позволит перейти на децентрализованную систему управления за счет применения встраиваемых средств защиты информации.

Ценность экспертов в области компьютерной безопасности, которые смогут грамотно и быстро реагировать на инциденты, с каждым годом будет увеличиваться. Из них будут формироваться смарт-команды быстрого реагирования, которым придется — удаленно или выезжая на объекты — разрешать критические ситуации.

Количество операторов на АЭС станет меньше из-за повышения уровня автоматизации, внедрения искусственного интеллекта, основанного на машинном обучении средств защиты, предиктивной аналитики.

В перспективе 50 лет, на мой взгляд, АЭС могут стать целиком автономными объектами и обслуживаться по заявкам. И даже эти заявки будут автоматически формироваться.

Логично выстроенная система

Олег ТРИФОНОВ, руководитель управления по развитию АСУ ТП:

— В условиях динамичного развития вычислительных мощностей и облачных технологий, перехода к более сложным компьютерным технологиям (например, от классических «транзисторных» вычислителей к квантовым компьютерам) и увеличения надежности компьютерного и серверного оборудования классическая трехуровневая архитектура АСУ ТП (нижний уровень — полевое оборудование, контрольно-измерительные приборы; средний — программно-технические комплексы системной автоматики; верхний — системы оперативно-диспетчерского управления, средства визуализации) в долгосрочной перспективе трансформируется в двухуровневую: средний уровень исчезнет.

Основные функции устройств связи с объектами и модулей ввода-вывода контроллерного оборудования в части обработки первичных сигналов, подготовки цифровой информации и передачи ее на верхний уровень возьмет на себя полевое оборудование; а функции программируемых логических контроллеров — прием информации с нижнего уровня, вычислительные операции в соответствии с алгоритмами управления и выдачу управляющих команд — будут агрегированы на верхнем уровне. Таким образом, двухуровневая система предполагает наличие двух больших кластеров: полевого оборудования с системой передачи цифровой информации и серверного оборудования верхнего уровня в виде ЦОДа (в нем реализуются все необходимые функции обработки, хранения, преобразования и представления информации в виде программных модулей). Это модули: виртуальных контроллеров, реализующих функции классических подсистем АСУ ТП; хранения информации (базы данных; преобразования данных [конверторы]; представления данных [аналоги SCADA, MES]; дополнительных подсистем [например, модули предиктивной аналитики, сбора, обработки диагностической информации и др.]).

Что касается централизации управления, здесь возможны варианты: либо это будет один ЦОД в периметре каждой АЭС, либо управление несколькими АЭС будет централизованно в одном ЦОДе.

С переходом на двухуровневую архитектуру, с увеличением надежности и срока службы оборудования, с развитием материалов и атомных технологий в целом еще одним возможным направлением развития станет размещение части или всего технологического оборудования, например, под водой (на дне океанов) или на геостационарной орбите Земли. Всё это ведет к организации полностью безлюдного производства электроэнергии. Размещение АЭС на орбите также позволит обеспечить ее безопасность, исключить негативное влияние последствий потенциальных аварий на экосистему Земли.

Китай, например, уже заявил, что к 2030 году планирует вывести на орбиту полноценную солнечную электростанцию мегаваттного класса, а к 2050-му — гигаваттного. Первые эксперименты по передаче энергии с орбиты на Землю должны пройти уже в 2022 году.

В среднесрочной перспективе будут развиваться технологии, позволяющие прогнозировать техническое состояние оборудования и обеспечивать его техобслуживание и ремонт не по графику — в установленные плановые периоды,— а по мере необходимости. Такие технологии уже развиваются и внедряются на отдельных объектах топливно-энергетического комплекса, например, в нефтегазовой отрасли. В атомной отрасли они только начинают рассматриваться как средства повышения эксплуатационной готовности и сокращения операционных расходов в процессе эксплуатации. Но рано или поздно они будут внедрены и на рынке АЭС.

Еще одна технология — усовершенствованное управление технологическими процессами. Системы усовершенствованного управления (СУУП) позволяют находить в каждый момент времени такие параметры технологического процесса, которые гарантируют повышение эффективности работы оборудования, снижение общих расходов, гибкое использование имеющихся ресурсов и, как следствие, увеличение КИУМ. СУУП работают в режиме реального времени и позволяют сократить отклонения контролируемых параметров от их средних значений. СУУП — это надстройка над АСУ ТП, виртуальные контроллеры и программные модели датчиков. Выше я уже говорил о том, что физические контроллеры управления процессами вскоре могут стать виртуальными. Сейчас точность и эффективность работы СУУП полностью зависят от того, насколько виртуальные контроллеры этой системы точно воспроизводят свои физические аналоги. Чем точнее смоделирован физический контроллер, тем точнее и эффективнее работает СУУП. При переходе на двухуровневую архитектуру можно будет использовать одну и ту же модель виртуального контроллера как для управления процессами, так и для работы СУУП, что однозначно гарантирует беспрецедентную точность работы системы усовершенствованного управления.

И технология предиктивной аналитики, и СУУП тесно связаны с еще одной цифровой сущностью — цифровой копией (двойником) объекта(ов) управления. Качество работы этих систем определяется точностью воспроизведения объектов управления с точки зрения поведения цифровой модели объекта относительно ее физических аналогов. Чем точнее построены цифровые двойники, тем точнее в режиме реального времени можно обсчитывать всё, что происходит на АЭС, и прогнозировать поведение как отдельных элементов, так и станции в целом. Развитие двухуровневой архитектуры также позволит разворачивать в ЦОДе цифровые двойники, которые будут наравне со своими физическими аналогами работать в режиме реального времени, предоставляя возможности для симуляции различных режимов работы и поиска оптимального сочетания контролируемых и управляемых параметров процессов. С развитием компьютерных технологий и облачных вычислений цифровые двойники будут детализироваться, усложняться, что позволит максимально приблизиться к воспроизведению функционирования реальных объектов — а это, в свою очередь, выведет на совершенно новый уровень и точность/горизонт прогнозирования, и качество управления.

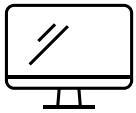
Главные задачи функционирования АЭС — обеспечение ее безопасности и гарантированная выработка электроэнергии. Одна из составных частей обеспечения общей безопасности — информационная и компьютерная безопасность систем управления. При проектировании АСУ ТП мы планируем мероприятия, направленные на обеспечение требований информационной и компьютерной безопасности, гарантирующие невозможность влияния потенциальных внешних и/или внутренних угроз на работоспособность АСУ ТП. Сегодня информационная безопасность стала неотъемлемой, самостоятельной частью АСУ ТП, в рамках которой отдельно прорабатываются модели и сценарии реализации угроз, организационные и технические средства защиты, архитектура программно-технических комплексов информационной безопасности. Это направление также неразрывно связано с постепенным переходом к использованию программно-технических комплексов и программного обеспечения российского происхождения, отечественной электронной компонентной базы. И это еще один тренд развития российских систем управления.

Уже сегодня Правительство РФ, Минпромторг РФ и ФСТЭК России на законодательном уровне закрепляют необходимость использования субъектами КИИ оборудования и программного обеспечения, сертифицированных в соответствии с требованиями информационной и компьютерной безопасности ФСТЭК России, входящих в Единый реестр радиоэлектронный продукции российского происхождения и Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных.

Будет ли искусственный интеллект отвечать за информационную безопасность и в целом за управление? ИИ — это компьютерный алгоритм с функционалом самообучения на основе анализа поступающей информации в режиме реального времени, программа, способная решать творческие задачи. В дальнейшем, возможно, в программный код будут встроены алгоритмы, позволяющие ИИ самостоятельно моди-

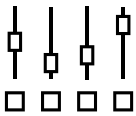
АСУ ТП сегодня

ВЕРХНИЙ УРОВЕНЬ



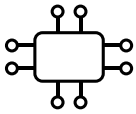
Компьютеры
Предоставляют персоналу наглядную информацию о состоянии оборудования

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ



Контроллеры
Выполняют алгоритмы управления

НИЖНИЙ УРОВЕНЬ



Датчики и сенсоры
Взаимодействуют с оборудованием, контролируют его состояние и передают заданные управляющие воздействия

Миллионы данных для шестерых

Ежеминутно в систему АСУ ТП поступают различные данные от более чем 10 тыс. объектов управления нижнего уровня. На среднем уровне эти сигналы связываются с другой информацией, и АСУ ТП обрабатывает уже миллионы данных. Далее они доходят до операторов блочного пункта управления (БПУ) и поступают в базу верхнего уровня в виде 200–300 тыс. различных данных. Все эти данные контролируют 6–10 работников БПУ в каждой смене.

~20%

доля АСУ ТП и электротехники в структуре АЭС

фицировать свой программный код с целью гибкой адаптации к изменяющейся информационной среде и спектру выполняемых задач. Человеку останется только наблюдать за критически важными областями, влияющими на безопасность, и в экстренных ситуациях принимать решения.

Сегодня принятие окончательного решения в управлении техпроцессами остается за человеком, поэтому системы управления называются автоматизированными. Внедрение ИИ и его развитие повысят уровень автоматизации в целом и минимизируют участие человека в управлении промышленным объектом.

В качестве отдельного направления мы рассматриваем интеллектуальную сенсорику (интеллектуальные контрольно-измерительные приборы) — датчики и измерительные преобразователи, передающие информацию о параметрах функционирования технологического оборудования на верхний уровень для принятия решений по управляющим воздействиям. Сейчас связь датчиков и контроллерного оборудования осуществляется по кабелям, из-за чего на объектах приходится прокладывать километры проводов; это значительно увеличивает стоимость АСУ ТП, сложность монтажа и наладки, а также обслуживания. В будущем, с развитием технологий беспроводной передачи данных в промышленной среде, интеллектуальная сенсорика будет частично или полностью передавать информацию по беспроводным каналам данных в цифровом виде, полностью готовую для приема и обработки управляющими алгоритмами контроллеров. При переходе на двухуровневую архитектуру АСУ ТП интеллектуальная сенсорика возьмет на себя функции обработки и подготовки сигналов, а также передачи информации непосредственно в ЦОД для использования виртуальными контроллерами.

Развитие умной сенсорики также позволит перейти к бездемонтажной калибровке КИП на месте установки. Сейчас калибровка и поверка средств измерений требуют демонтажа и проверки точности измерений в лабораторных условиях, что сопряжено с временными и финансовыми затратами. Внедрение умной сенсорики связано с использованием сертифицированных цифровых эталонов средств измерений, по которым будут в автоматическом режиме калиброваться и поверяться КИПиА. Эта же система будет подсказывать, у какого оборудования заканчивается сертификат, где пора провести проверку/калибровку, а где расхождений с эталоном нет и возможно просто продление сертификата.

Технология передачи данных, скорее всего, останется гибридной, так как не везде и не для каждой подсистемы АСУ ТП есть возможность беспроводной передачи данных. Это сильно снизит CAPEX объекта на этапе строительства и позволит быстрее передавать информацию на большие расстояния. Одновременно будут развиваться технологии криптозащиты, направленные на охрану данных от перехвата и использования злоумышленниками.

Автоматизированные системы станут единой экосистемой: физические подсистемы будут бесшовно интегрированы в комплексную систему в виде программных модулей.

Энергорынок Европы: ключевые тенденции

Авторы: Чарльз Мур, Сара Браун, Фил Макдональд, Мэтью Эн, Ханна Бродбент
Анализ данных: Пит Танбридж, Мэтт Юэн, Николас Фулгам
Фото: ТАСС, Unsplash.com

Некоммерческая организация Ember опубликовала ежегодный отчет, посвященный итогам 2021 года и трендам энергетического рынка Евросоюза. Объемы выработки электроэнергии сравниваются с допандемийными показателями, даются оценки влияния газового кризиса на энергетику региона и делаются выводы об успехах и неудачах европейского энергоперехода. «Атомный эксперт» публикует самые интересные выдержки из отчета.

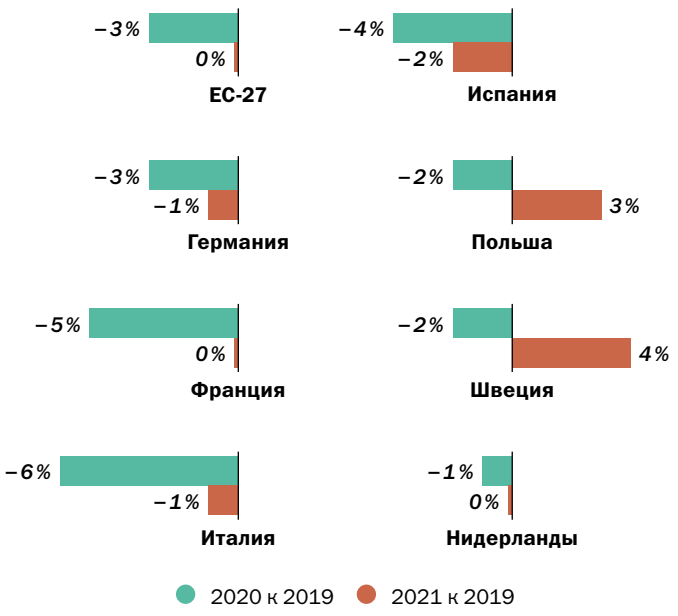
В 2021 году влияние пандемии на спрос на электроэнергию в ЕС было невелико. Эта ситуация в корне отличается от 2020 года, когда последствия пандемии стали основным фактором изменений в энергосистеме ЕС. Во время локдаунов, вводившихся в 2020 году, спрос на электроэнергию упал, особенно в первую волну, когда офисы были закрыты, производства остановлены, а люди заперты в своих домах.

После падения спроса на 3,5 % (–100 ТВт·ч) в 2019–2020 годах наблюдалось его практически полное восстановление в 2021 году (рост на 3,4 %, или +95 ТВт·ч) почти до уровня 2019 года. Однако 2021 год был холоднее 2019-го, что обычно предполагает более высокий спрос при прочих равных. Это означает, что реальный (скорректированный с учетом погодных условий) спрос на электроэнергию еще не полностью восстановился после пандемии.

Восстановление идет в разных странах по-разному. По сравнению с периодом до пандемии спрос остается заметно ниже в Испании (–2 %), при этом он вырос в Польше (+3 %), Швеции (+4 %) и Дании (+7 %).

Спрос на электроэнергию в ЕС вернулся на допандемийный уровень

Динамика спроса на электроэнергию, %



Источник: Обзор европейской электроэнергетической отрасли на начало 2022 г., подготовленный Ember. Указанные семь стран являются крупнейшими потребителями электроэнергии в ЕС. На их долю приходится 75% от общего объема потребления.

Ископаемое топливо

В 2021 году производство электроэнергии в 27 странах ЕС с использованием ископаемого топлива выросло на 4 % г/г (+43 ТВт·ч) — до 1 069 ТВт·ч. Рост был обусловлен преимущественно увеличением спроса на 95 ТВт·ч (+3 %).

Выработка электроэнергии из ископаемых энергоресурсов осталась на 6 % ниже (−64 ТВт·ч) уровня допандемийного 2019 года благодаря непрерывному росту ВИЭ (особенно ветряной и солнечной генерации) за последние два года.

На долю ископаемых видов топлива приходится 37 % всей электроэнергии, произведенной в ЕС в 2021 году (против 39 % в 2019 году). Доля выработки электроэнергии с использованием природного газа в ЕС достигла минимума за три года (18 %, или 524 ТВт·ч). Угольные электростанции выработали 15 % всего электричества в ЕС (436 ТВт·ч), а угольная генерация сократилась лишь на 3 % с 2019 года против 29 % за два предшествующих года.

В 2021 году цены на ископаемое топливо взлетели, в корне поменяв рынок электричества. Сочетание ряда факторов толкнуло цены на газ вверх на 585 %, и это стало самым большим ценовым потрясением со времени нефтяного эмбарго, введенного ОПЕК в 1973 году. При этом цены на уголь и углеродные тарифы также довольно резко выросли.

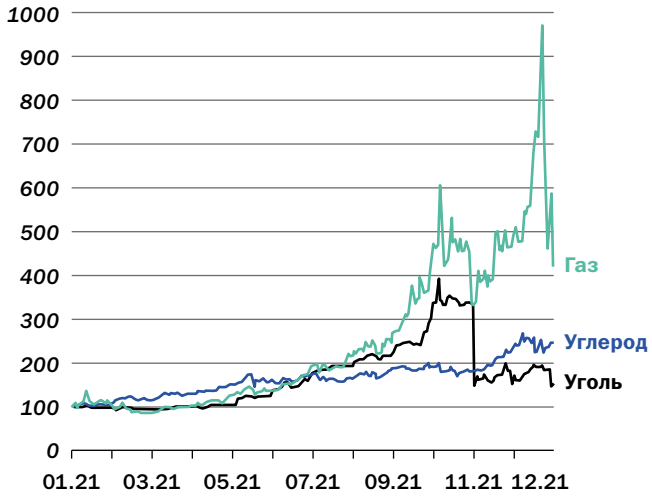
В результате себестоимость производства электроэнергии из газа выросла почти в семь раз, что привело ко взлету цен на электричество по всей Европе. Начиная с июля себестоимость электроэнергии из природного газа превысила себестоимость генерации на основе угля. В следующие месяцы взрывной рост цен на газ продолжился, и разница в себестоимости продолжила увеличиваться, несмотря даже на повышение углеродных тарифов.

Если за точку отсчета принять 2019 год, то в первой половине 2021 года рост выработки из ВИЭ привел к замещению преимущественно угольной генерации. Однако во второй половине года, по мере роста себестоимости энергии из газа, новые возобновляемые мощности стали заменять уже газовую генерацию. Более того, во второй половине 2021 года наблюдалось прямое замещение природного газа углем в объеме около 5 % общей выработки электроэнергии из угля в 2021 году.

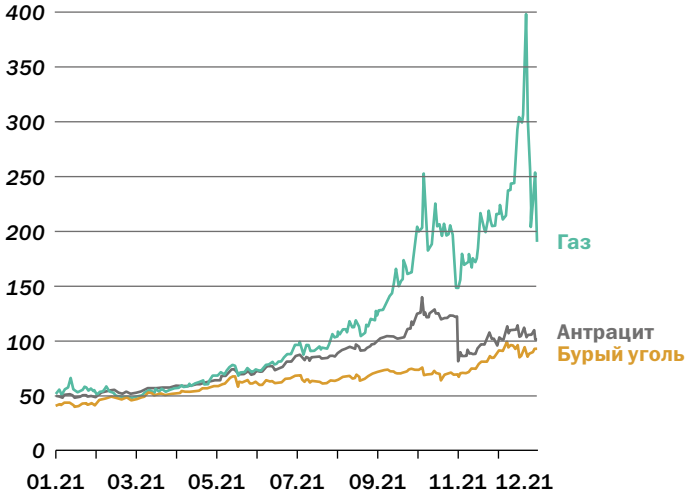
Объем возобновляемой генерации в Европе продолжает расти: за последние два года

В результате энергетического кризиса к середине 2021 г. газовая генерация в ЕС стала дороже угольной

Индексированные цены на энергоносители
(уровень на 1 января 2021 г. принят за 100)

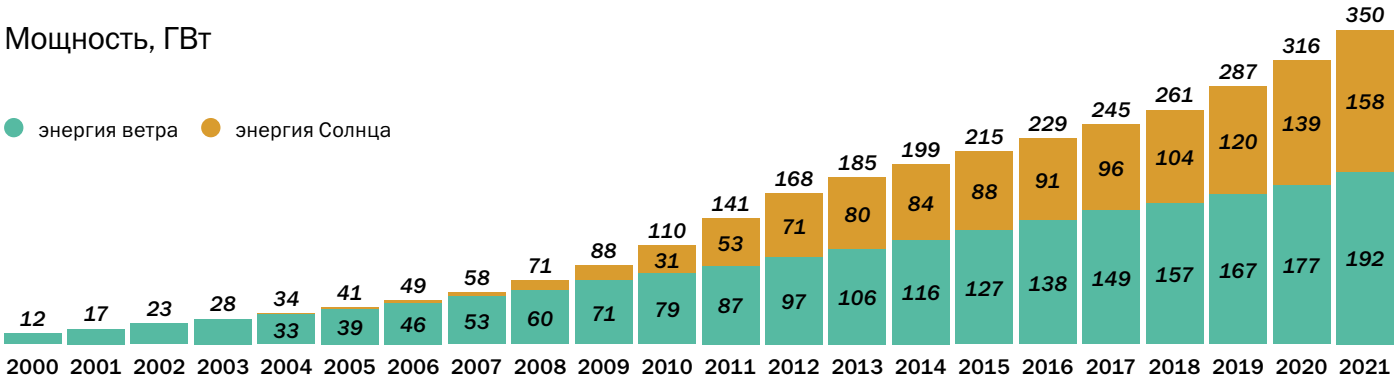


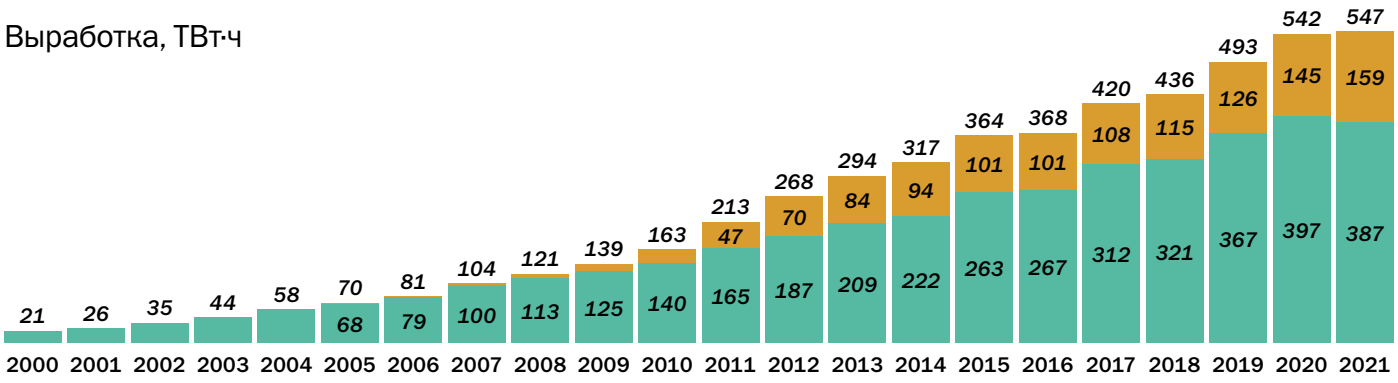
Себестоимость производства электроэнергии
(краткосрочные предельные издержки, €/МВт·ч)



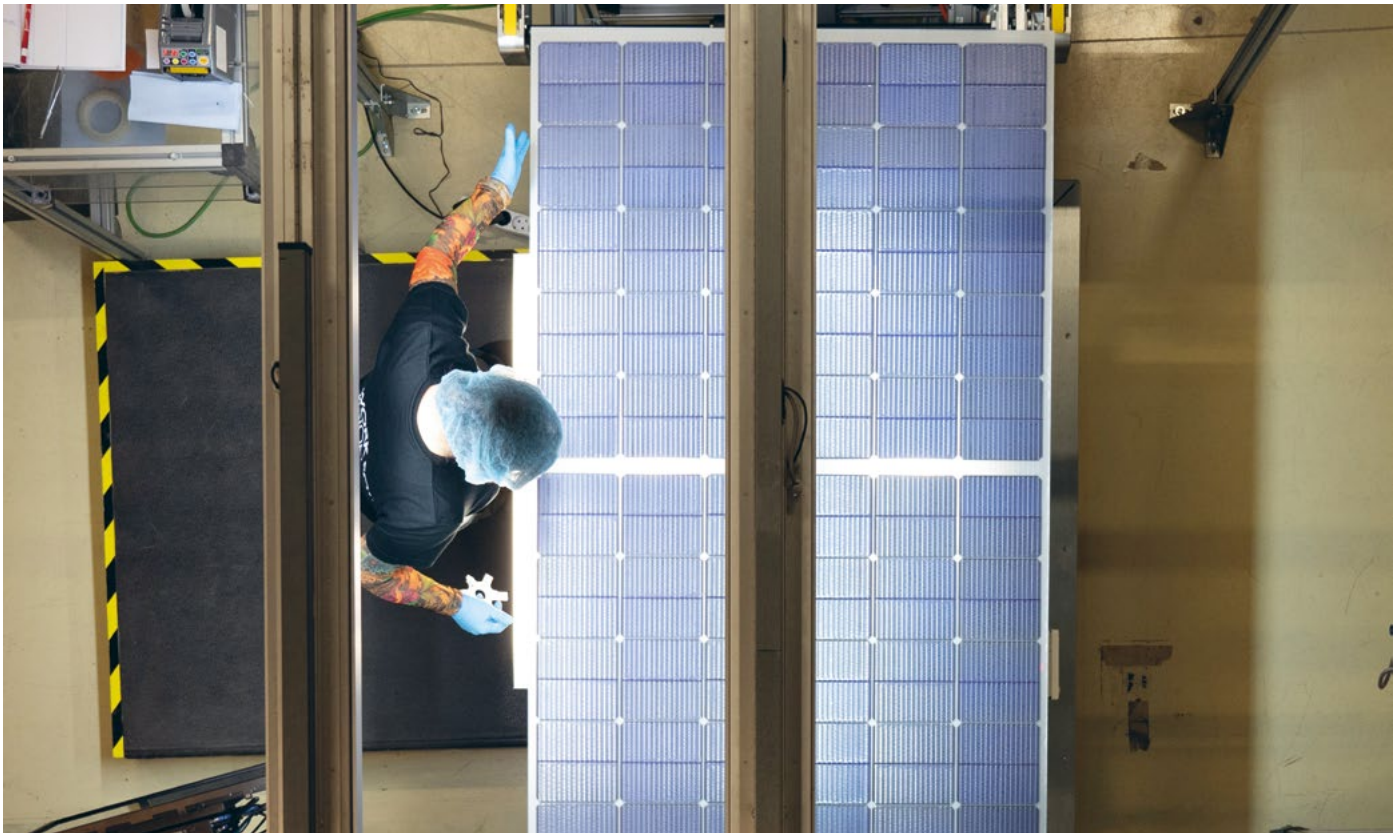
Источник: Обзор европейской электроэнергетической отрасли на начало 2022 г., подготовленный Ember.
Источники цен: газовый хаб TTF «сутки вперед», тарифы на 21 декабря в Системе торговли квотами на выбросы ЕС, котировки угля API2 в Роттердаме на следующий месяц (данные Montel).

Рост ветряных и солнечных генерирующих мощностей в ЕС-27 ускоряется, но погодные условия в 2021 г. замедляли рост выработки





Источник: Обзор европейской электроэнергетической отрасли на начало 2022 г., подготовленный Ember.
*Расчетные данные о мощности за 2021 г. взяты из Справочника МЭА по ВИЭ. Данные о мощности за 2000–2020 гг. получены из публикаций Международного агентства по ВИЭ (IRENA).



ее средний рост составил 44 ТВт·ч в год. С 2019 года более половины (52%) этих новых возобновляемых заменили газовые источники электроэнергии, треть — атомные электростанции, и только одна шестая — электростанции, работающие на угле. Однако ранее (2011–2019 годы) более 80% новых возобновляемых мощностей замещали угольную генерацию. Рост отключений и выводов из эксплуатации ядерных мощностей с конца 2019 года также замедлил скорость сокращения угольной генерации.

Самое значительное снижение объемов газовой генерации по сравнению с 2019 годом наблюдалось в двух странах: Нидерландах (–17 ТВт·ч/–24%) и Испании (–15 ТВт·ч/–18%), где при этом отмечался и наиболее значительный рост ВИЭ. Значительное сокращение газовой генерации наблюдалось также в Бельгии (–17%) и Франции (–14%).

Хотя с 2019 года новые ветряные и солнечные мощности замещали преимущественно мощности газовых электростанций, некоторые страны смогли уменьшить объем сжигаемого угля. В Испании объем выработки электроэнергии из угля сократился практически вдвое с 2019 года после того, как в стране были закрыты угольные станции общей мощностью 6,5 ГВт (более половины всех угольных мощностей).

Аналогичная ситуация имела место в других странах, и все сокращения были обусловлены закрытием угольных электростанций. За последние два года в Чехии, Греции, Италии, Румынии и Португалии были выведены из эксплуатации мощности объемом 1–2 ГВт в каждой.

К несчастью, эффект от закрытия электростанций был по большей части нивелирован ростом использования существующих угольных электростанций в других странах ЕС.

В частности, в Польше выработка электроэнергии угольными электростанциями выросла на 7% (+8 ТВт·ч) с 2019 года на фоне увеличения внутреннего производства и сокращения импорта электричества из соседних стран. Более того, с августа 2021 года Польша остается чистым экспортером электроэнергии — впервые после 53 месяцев подряд, когда ей приходилось импортировать электричество. Объемы угольной генерации в Ирландии также резко выросли в результате замещения газа углем, причем ситуацию усугубила череда отключений газовых электростанций.

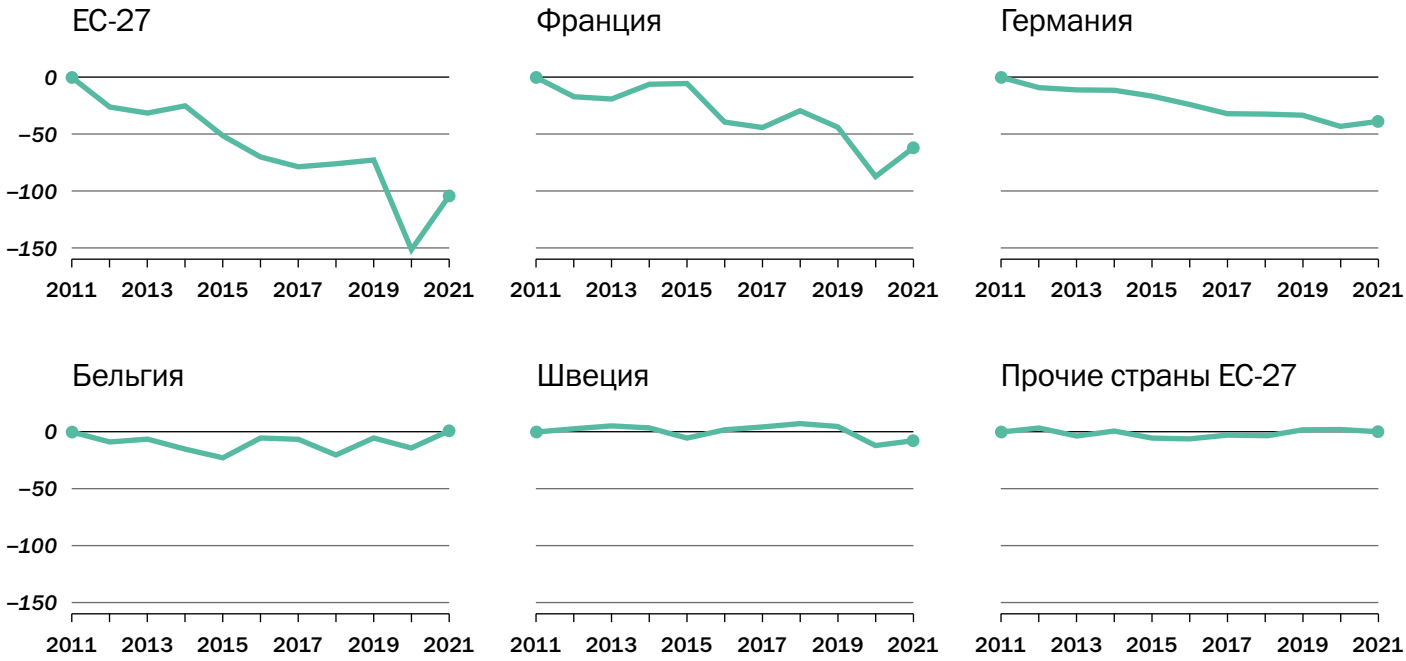
ВИЭ бьют рекорды, но их рост замедляется

В 2021 году выработка электроэнергии ВИЭ в ЕС установила новый рекорд — 1068 ТВт·ч, что на 1% (+12 ТВт·ч) больше по сравнению с предыдущим годом и на 9% (+88 ТВт·ч) — по сравнению с 2019-м. На долю ВИЭ приходится 37% всей электроэнергии, произведенной в ЕС в 2021 году (против 34% в 2019 году).

Основной вклад в рост возобновляемой энергетики с 2019 года внесли ветряная и солнечная генерация. В 2021 году ветряные и солнечные электростанции установили новый рекорд (547 ТВт·ч), впервые выработав боль-

Сокращение доли ядерной энергетики в энергобалансе ЕС-27 по сравнению с 2011 г.

Суммарное изменение выработки электроэнергии с 2011 г., ТВт·ч



Источник: Обзор европейской электроэнергетической отрасли на начало 2022 г., подготовленный Ember.

ше электроэнергии, чем газовые (524 ТВт·ч). На долю Солнца и ветра приходится 19% всей выработки электроэнергии в ЕС в 2021 году (против 17% в 2019-м).

Однако рост ветряной и солнечной генерации на 1% по сравнению с предыдущим годом выглядит очень скромным. Это обусловлено низкими скоростями ветра (ниже средних значений по ЕС). 2020 год был довольно ветреным, особенно его I квартал, что только подчеркивает разницу с 2021 годом. Объемы ветряной генерации в ЕС показали небольшое снижение по сравнению с предыдущим годом (–2%–10 ТВт·ч), что эквивалентно всего лишь 0,3% всей электроэнергии, вырабатываемой в ЕС. Рост выработки солнечных электростанций на 10% (+14 ТВт·ч) в Европе более чем компенсировал снижение выработки ветряными станциями и обеспечил дальнейший рост ветряной и солнечной генерации.

Вполне ожидаемо, что объемы выработки ВИЭ, таких как солнечные и ветряные электростанции, колеблются от года к году. Усовершенствованные гибкие сети в сочетании с системами долговременного хранения энергии (например, с использованием «зеленого» водорода) обеспечат энергетическую безопасность по мере увеличения доли источников с переменной выработкой.

В 2021 году установленная мощность ветряной и солнечной генерации в ЕС продолжила расти. Ее рост составил 8% (+15 ГВт) для ветряных и 16% (+22 ГВт) — для солнечных электростанций.

Во второй половине 2021 года начался энергокризис. Тем не менее ветряные и солнечные электростанции работали успешно. Во второй половине 2021 года в ЕС эти станции ставили рекорды по выработке электроэнергии каждый месяц (кроме сентября). Выработка только на ветряных электростанциях увеличилась на 2% во второй половине 2021 года по сравнению с тем же периодом 2020-го.

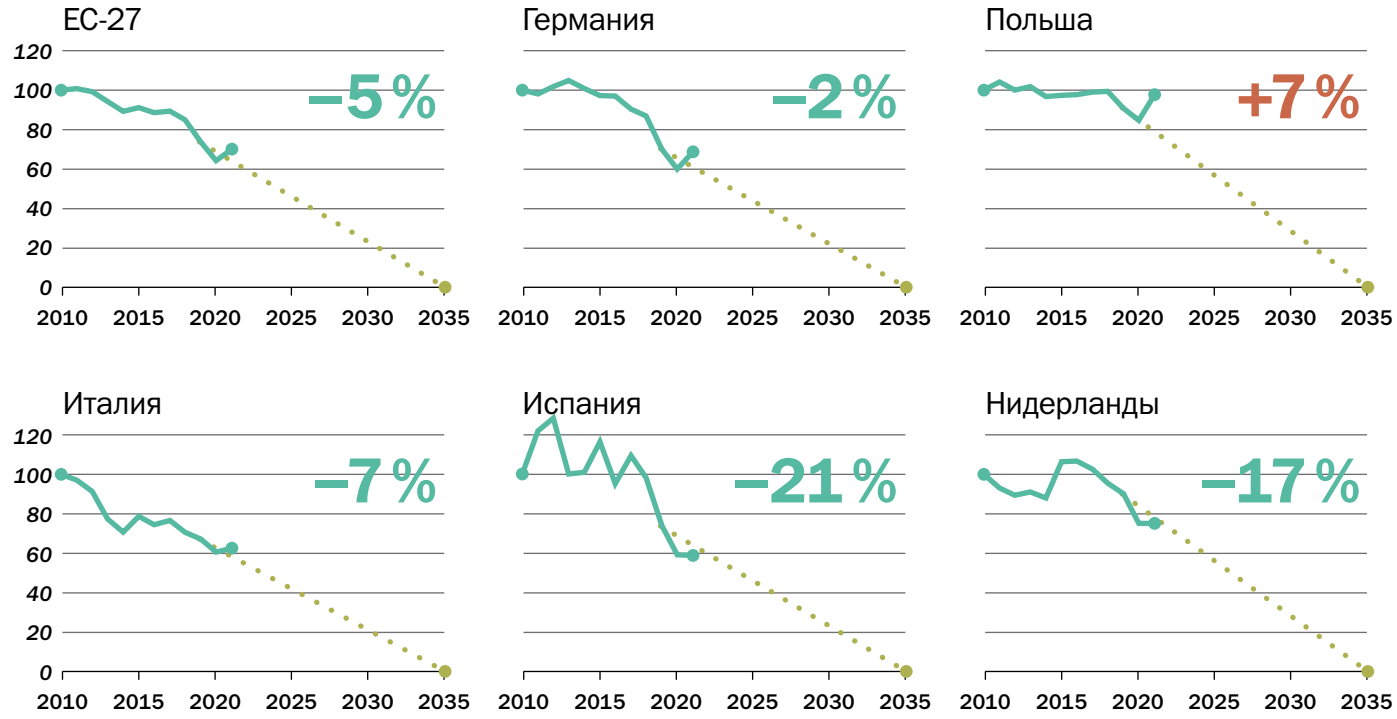
Испания, Нидерланды и Греция стали новыми чемпионами ЕС по росту ветряной и солнечной генерации. В каждой из этих стран доля рынка ветряных и солнечных электростанций выросла примерно на 10 процентных пунктов всего лишь за три года после замедления роста до минимума в три предшествующих года.

Энергия Солнца и ветра дала примерно треть всего электричества, произведенного в Испании в 2021 году, и не менее четверти — в Нидерландах и Греции. На долю этих трех стран в совокупности приходится более половины всего роста выработки ветряных и солнечных электростанций в ЕС с 2019 года, хотя они покрывают лишь 16% спроса на электричество.

Рост ветряной и солнечной генерации в этих странах обусловлен благоприятным законодательством, снижением себестоимо-

Выбросы в энергетической отрасли ЕС не позволяют достичь цели в 1,5 °C: прогресс замедлился с 2019 г.

Индексированные выбросы в энергетической отрасли в CO_2-э (уровень 2010 г. принят за 100)



* Указанные пять стран характеризуются наибольшим объемом выбросов в отрасли (70% от общих выбросов в ЕС-27).

сти и амбициозными целями, которые ставят перед собой эти страны. Испания и Нидерланды планируют, что к 2030 году около двух третей всей электроэнергии будет производиться с помощью Солнца и ветра, а Греция собирается довести их долю до 50 %. Эти планы сильно контрастируют с ситуацией в Польше и Италии, где развитие ВИЭ идет недостаточно быстрыми темпами, а также с ситуацией в Болгарии, Чехии и Румынии, которые не построили практически никаких возобновляемых мощностей.

В сфере биоэнергетики (законодательство ЕС относит биоэнергетику к ВИЭ, хотя недавние научные исследования показывают, что использование многих видов биотоплива сопряжено со значительными выбросами углерода.— *Прим. ред.*) наблюдался очень незначительный рост после 2015 года; в 2019–2021 годах рост стал более существенным — на 4 % (+7 ТВт·ч), что было практически полностью обусловлено совместным сжиганием биомассы и угля на угольных электростанциях в Нидерландах. Выработка на гидроэлектростанциях в 2021 году оставалась в целом на уровне предыдущего года, но на 9 % (+28 ТВт·ч) выше, чем в 2019 году, который выдался относительно маловодным.

Атомная энергетика

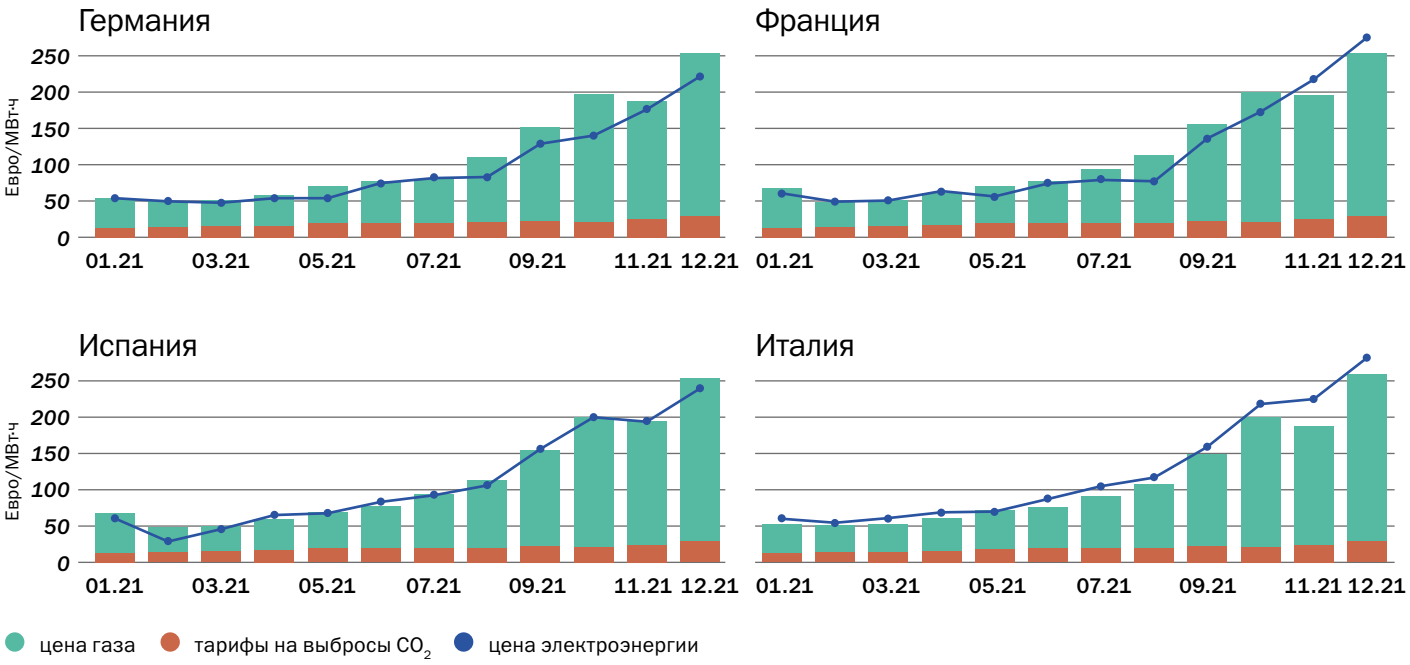
В 2021 году европейские атомные электростанции произвели 733 ТВт·ч электроэнергии, что на 7 % (+47 ТВт·ч) больше, чем в 2020 году. При этом общий объем выработки на АЭС был на 4 % ниже (–32 ТВт·ч), чем в 2019 году, что преимущественно связано с плановым остановом реакторов. На долю атомной энергетики приходится 26 % всей электроэнергии, произведенной в ЕС в 2021 году (против 29 % 10 лет назад).

Наибольшее сокращение объемов ядерной генерации с 2019 года наблюдалось во Франции (–18 ТВт·ч), Швеции (–13 ТВт·ч) и Германии (–6 ТВт·ч). В этих трех странах с конца 2019 года были остановлены реакторы совокупной мощностью не менее 1,8 ГВт. Это снижение было лишь отчасти компенсировано увеличением выработки в Бельгии (+7 ТВт·ч).

Долгосрочная тенденция к сокращению доли ядерной энергетики в энергобалансе ЕС замедлила декарбонизацию энергетической

Резкий рост цен на газ спровоцировал рост цен на электроэнергию в ЕС

Цена электроэнергии, полученной из газа, и тарифы на выбросы углерода в энергетической отрасли



Источник: цена газа в Испании «сутки вперед» — MIBGAS, цена электроэнергии «сутки вперед» — ENTSO-e, углеродные тарифы в Системе торговли квотами ЕС–ICE (декабрь 2021 г.), цена газа в Италии «сутки вперед» –GME, цена газа во Франции и Германии «сутки вперед» — Montel. Тарифы рассчитаны с учетом интенсивности выбросов в размере 0,37 т CO_2-э на 1 МВт·ч и КПД электростанции на уровне 55% (более низкая теплотворная способность).

отрасли. Часть увеличивающейся выработки от ВИЭ тратится на замещение выбывающих ядерных мощностей, что замедляет замещение генерирующих мощностей на ископаемом топливе. По-видимому, данная тенденция сохранится в ближайшем будущем.

Выбросы в атмосферу: цели не достигаются

Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), для ограничения глобального потепления 1,5 °С и предотвращения наиболее негативных последствий изменения климата необходимо, чтобы энергетические отрасли развитых стран достигли углеродной нейтральности к 2035 году. Если использовать уровень 2019 года в качестве отправной точки (чтобы исключить эффект пандемии 2020 года), для достижения этой цели выбросы от производства электроэнергии должны сокращаться в среднем на 6 % в год.

По оценкам Ember, выбросы парниковых газов в ЕС в 2021 году составили 700 млн тонн в эквиваленте CO_2. С 2019 года выбросы сокращались в среднем лишь на 2,5 % в год. Таким образом, выбросы в ЕС сокращаются в 2,5 раза медленнее, чем рекомендует МЭА.

Это происходит потому, что недостаточно быстро идет замещение ископаемого топлива чистой энергетикой. А если что-то чем-то и замещается, то вытесняется газ, а не более грязный уголь, что еще больше замедляет прогресс.

По сравнению с 2019 годом выбросы в энергетической отрасли сократились в большинстве стран, причем Испания внесла наибольший вклад в это сокращение. Явное исключение — Польша, которая пока сильнее всех препятствует общему прогрессу. Выбросы в этой стране выросли на 7 % по сравнению с уровнем 2019 года. Также рост выбросов отмечается в Болгарии, Дании и Ирландии в связи с ростом использования угля.

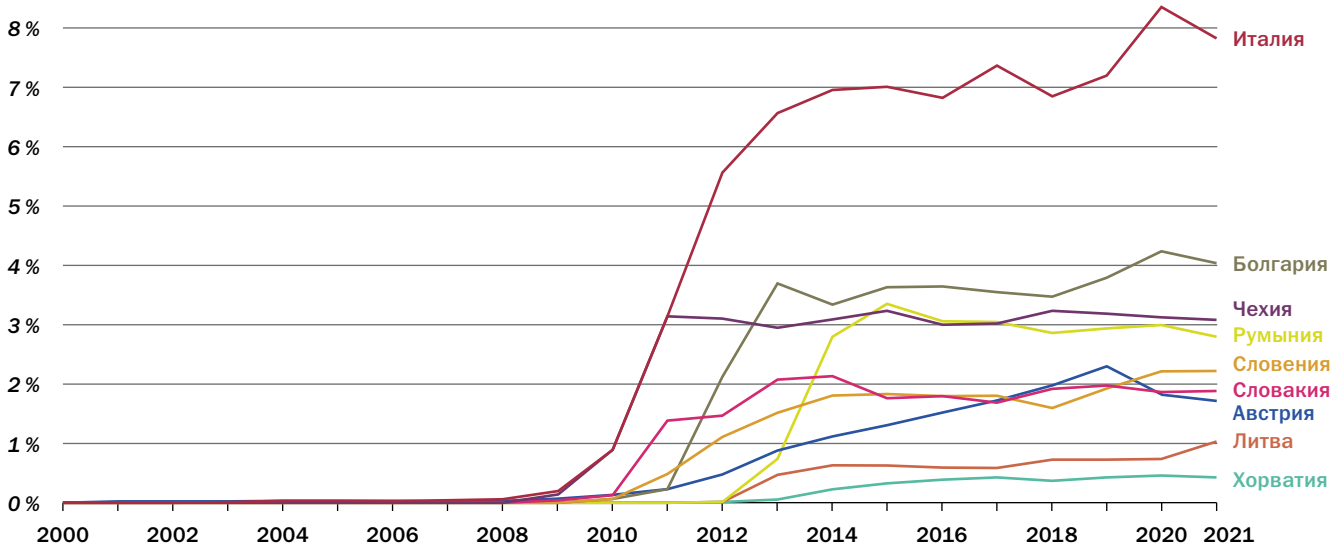
Интенсивность выбросов в европейской энергетической отрасли (количество выбросов парниковых газов на единицу электроэнергии) снизилась с 253 г CO_2-э на 1 кВт·ч в 2019 году до 241 г CO_2-э на 1 кВт·ч в 2021 году. При этом сохраняется огромный разрыв между наиболее чистыми и наиболее грязными источниками электроэнергии в ЕС.

Тенденции: в газ больше не верят

Газовый кризис 2021 года спровоцировал смену парадигмы в европейском энергетическом переходе. Стремительный взлет цен на природный газ привел к тому, что новые ветряные и солнечные мощности начали замещать газовую генерацию, а не угольную. Поскольку

Солнечная энергетика стагнирует в некоторых странах ЕС

Солнечная генерация в % от валового спроса на электроэнергию



Источник: Обзор европейской электроэнергетической отрасли на начало 2022 г., подготовленный Ember.

рыночные цены показывают, что газовый кризис останется с нами еще как минимум два года, перспективы использования природного газа как переходного топлива в энергетической отрасли серьезно подорваны.

С декабря 2020 по декабрь 2021 года цена газа на хабе TTF с поставкой на сутки вперед (базисная цена европейского газового рынка) выросла на 585 %.

Такой небывалый рост цен на природный газ был вызван сочетанием ряда факторов:

- холодная зима в северном полушарии в начале 2021 года привела к снижению запасов газа в хранилищах;
- рост спроса и цен в Азии и Южной Америке вызвал перенаправление поставок сжиженного природного газа (СПГ) в эти регионы из Европы;
- спрос на газ в мире вырос после снятия ограничений, вызванных пандемией COVID-19;
- по сравнению с ожидаемыми объемами сократился импорт газа из России в ЕС.

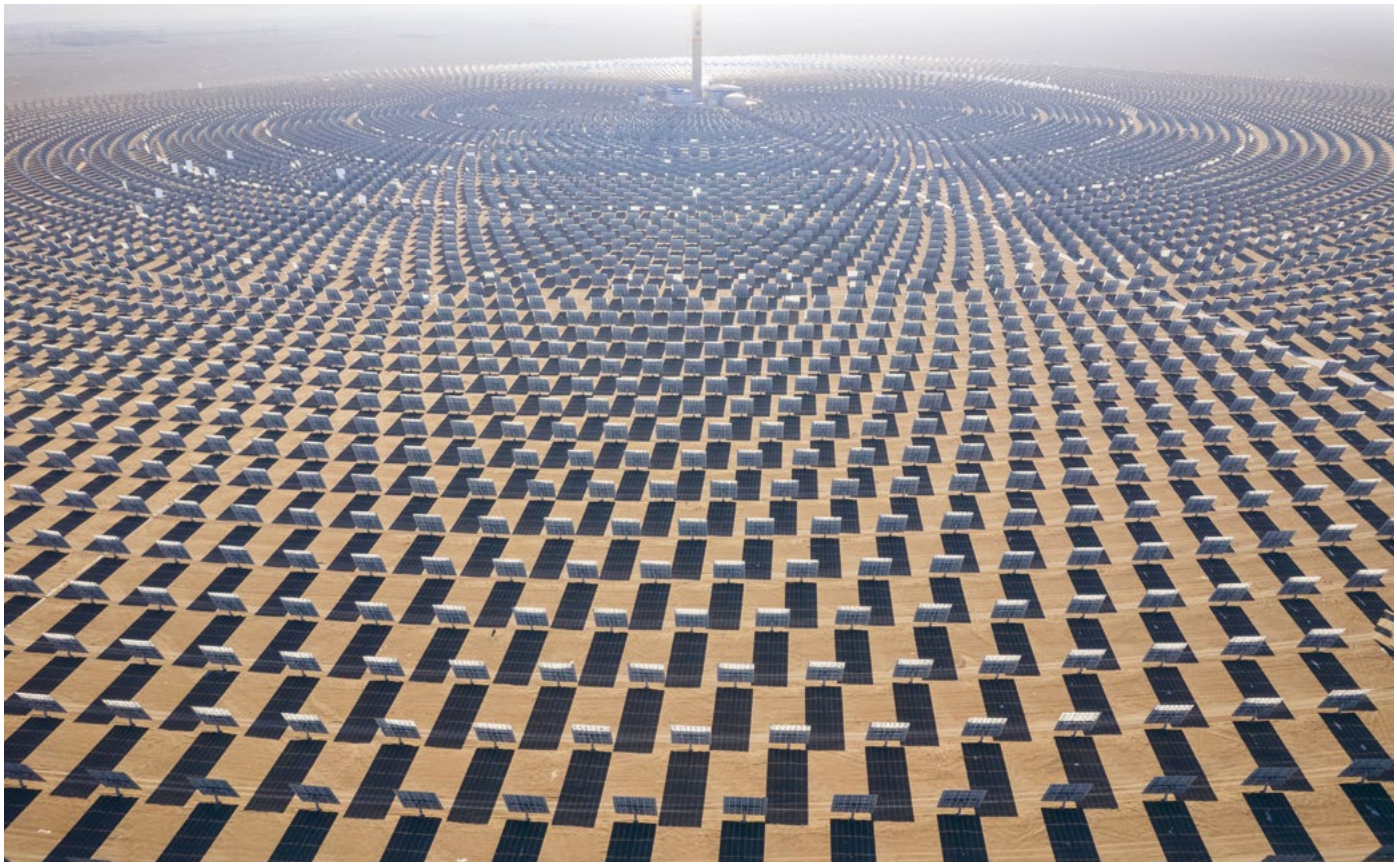
Стоимость использования природного газа для производства электричества в ЕС, в том числе все связанные с ним тарифы на выбросы углерода и переменные эксплуатационные затраты, в декабре 2021 года составила в среднем €255 за 1 МВт·ч, то есть выросла почти семикратно по сравнению с предыдущим годом. В результате цены на электроэнергию тоже выросли многократно. Рекордно высокие оптовые цены на электроэнергию наблюдались в ЕС в декабре 2021 года: €275 / МВт·ч во Франции, €221 /МВт·ч — в Германии, €235 / МВт·ч — в Греции, €281 / МВт·ч — в Италии, €246 / МВт·ч — в Венгрии, €239 / МВт·ч — в Испании и €238 / МВт·ч — в Нидерландах.

Колоссальный рост себестоимости газовой генерации был обусловлен почти исключительно ростом себестоимости самого газа. Тарифы на выбросы углерода в Системе торговли квотами ЕС за тот же период выросли с €33 / тонна (на 1 января) до рекордно высоких €89 / тонна (на 8 декабря), что добавило лишь €21 / МВт·ч к себестоимости газовой генерации (то есть 10 % от совокупного роста себестоимости в 2021 году).

В конце декабря газовые контракты на хабе TTF с поставками в 2022 и 2023 календарных годах торговались на уровне €90 / МВт·ч и €42 / МВт·ч соответственно. При таких ценах газовая генерация остается самым дорогим способом производства электроэнергии, даже более дорогим, чем антрацит или бурый уголь.

Продолжающиеся проблемы с поставками и рост геополитической напряженности вызывают обоснованную озабоченность тем, что газовый кризис будет иметь долгосрочные последствия. Некоторые аналитики энергетической отрасли полагают, что он продолжится до 2025 года. Такая ситуация существенно увеличивает риски, обусловленные продолжающейся зависимостью от нестабильных поставок газа для производства электроэнергии (в противоположность ситуации, когда ускоряется переход к самостоятельному производству чистой энергии).

При этом энергия Солнца и ветра была дешевле природного газа для производства



электроэнергии до наступления газового кризиса и стала еще более дешевой и конкурентоспособной с его наступлением, даже несмотря на то, что рост цен на сырьевые товары повысил себестоимость производства соответствующего оборудования.

Более того, развитие технологий хранения энергии, их удешевление и использование в сочетании с ветряными и солнечными электростанциями постепенно вытеснят генерацию на ископаемом топливе в мелкооптовых и оптовых поставках электричества, а энергия Солнца и ветра станет основой энергосистемы Европы.

Кризис однозначно показал, что, пока Европа остается зависимой от импорта ископаемого топлива, она продолжит испытывать колебания цен на электроэнергию. На фоне дороговизны и неясных перспектив получения электроэнергии из природного газа, а также дальнейшего повышения конкурентоспособности альтернативных источников энергии на внутреннем рынке, таких как ветер, Солнце и прочие чистые решения, перспективы природного газа как топлива переходного периода выглядят все менее привлекательными.

Многие страны считали ВИЭ заменой угля как источника наибольших выбросов, но при этом игнорировали газовую проблему. Однако сейчас, когда газ стал дороже угля, рынок не способен гарантировать замещение последнего. Отказ от газа и угля становится все более насущным как по экономическим, так и по экологическим причинам. Ускоренное развертывание ВИЭ в сочетании с ростом инвестиций в энергоэффективность позволит этим странам выйти из энергетического и климатического кризисов.

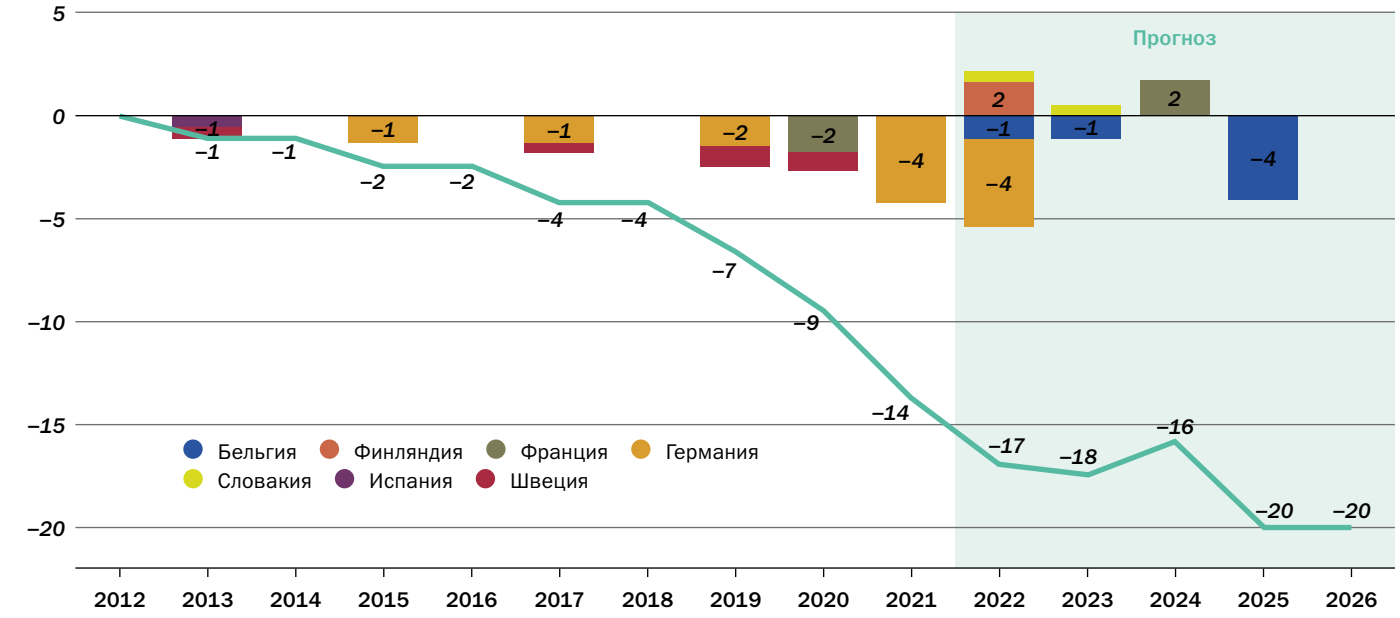
В год, когда скорость ветра была ниже средней, только рост солнечной генерации позволил преодолеть эту отметку: солнечные электростанции в 2021 году произвели на 25 % больше электричества, чем в 2019 году, и сейчас вырабатывают 6 % всей электроэнергии в Европе. Многие страны Европы уже заложили фундамент для быстрого роста солнечной генерации, причем не только в южных регионах, где ее потенциал выше. Однако прогресс в Европе чрезвычайно неоднороден, и некоторым странам еще только предстоит освоить солнечные технологии.

Испания — хрестоматийный пример использования солнечной энергии. Начиная с 2019 года она практически удвоила ее выработку (с 15 до 26 ТВт·ч). В Испании много солнца, но есть и законодательство, помогающее развивать солнечную генерацию. Министр экологических преобразований Тереза Рибера обеспечила прямой переход на солнечную энергетику в угольных регионах страны. Согласно ее планам, энергия Солнца должна обеспечивать почти 30 % вырабатываемой в Испании электроэнергии к 2030 году (против 10 % сейчас).

На севере Европы рост солнечной генерации обеспечивается Нидерландами (+6 ТВт·ч / +115 % с 2019 года). В 2021 году солнечная энергетика удовлетворила почти

Ядерная энергетика в ЕС продолжит сокращаться

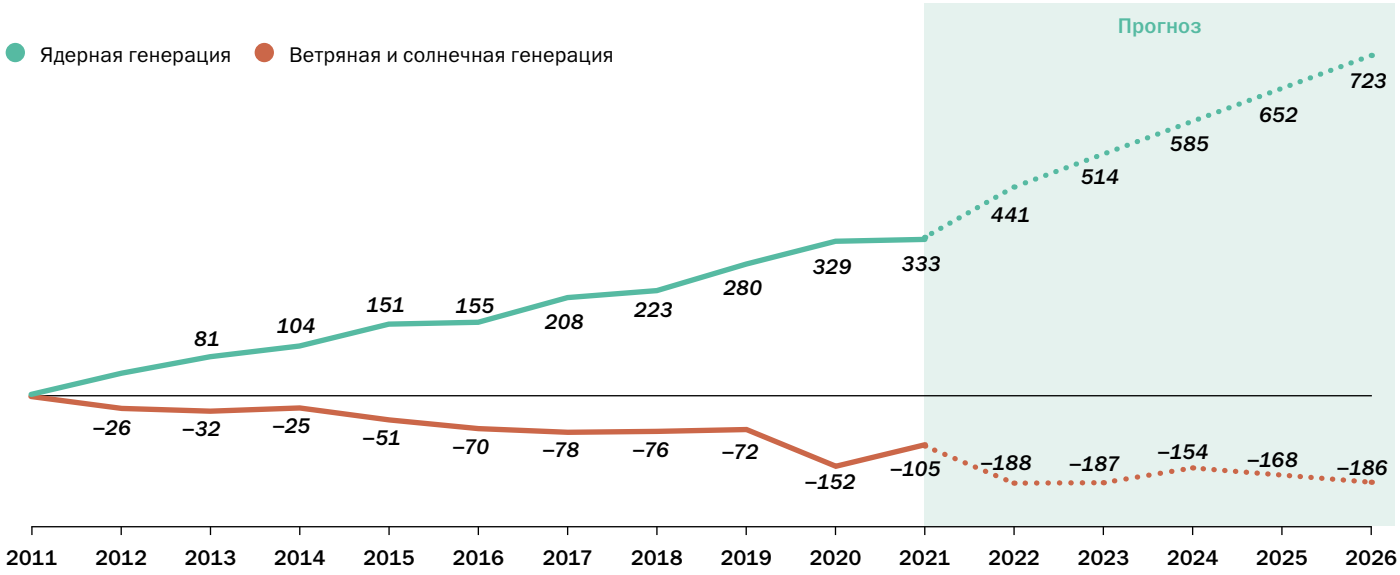
Изменение установленной ядерной мощности в ЕС-27 с 2011 г. (линия). Годовые изменения по странам (столбцы)



Источник: Обзор европейской электроэнергетической отрасли на начало 2022 г., подготовленный Ember.

Сокращение доли ядерной энергетики в энергобалансе ЕС замедляет декарбонизацию энергетической отрасли

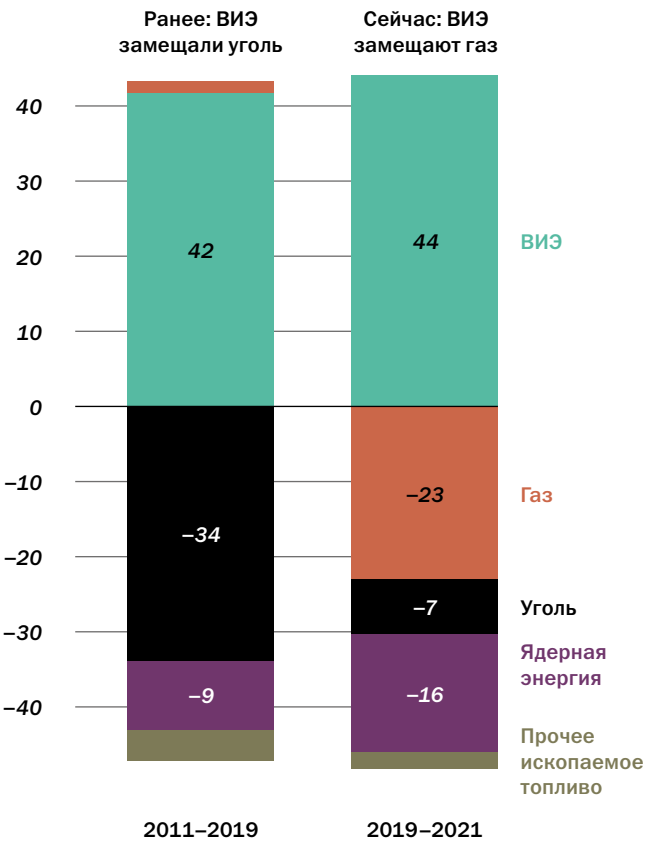
Суммарное изменение выработки электроэнергии в ЕС-27 с 2011 г., ТВт·ч



Источник: Обзор европейской электроэнергетической отрасли на начало 2022 г., подготовленный Ember.

ВИЭ сейчас замещают дорогой газ, а не более грязный уголь

Среднегодовые изменения выработки электроэнергии в ЕС-27, ТВт·ч



Источник: Обзор европейской электроэнергетической отрасли на начало 2022 г., подготовленный Ember.

10 % внутреннего спроса страны. При этом планы ее дальнейшего развития очень амбициозны, хотя Нидерланды и расположены в северных широтах. В совокупности на долю Испании и Нидерландов приходится половина всего роста солнечной генерации в Европе за период с 2019 года.

Польша также продемонстрировала внушительный рост солнечной энергетики, увеличив объемы выработки более чем вдвое с 2019 года (с 1 до 4 ТВт·ч), но здесь имел место эффект низкой базы. Сейчас ветряные и солнечные электростанции Польши вырабатывают больше электроэнергии (20 ТВт·ч), чем газовые (16 ТВт·ч). Однако последние изменения в мерах государственной поддержки частных солнечных станций могут привести к замедлению роста в 2022 году. В Венгрии также наблюдался рост (+67 % / +1 ТВт·ч). Сейчас страна удовлетворяет более 5 % внутреннего спроса энергией от солнечных электростанций.

Португалия следует впечатляющему примеру соседки и благодаря расположению на той же широте начинает догонять Испанию по объемам солнечной генерации (почти 4 % внутреннего спроса удовлетворяется солнечными электростанциями). Проводятся первые тендеры на установку плавающих солнечных станций на водоемах Португалии — это новый способ использования солнечных технологий.

При этом в некоторых странах ЕС солнечная энергетика стагнирует.

В Италии после быстрого роста солнечной генерации благодаря мерам правительственной поддержки в начале 2010-х годов объемы выработки вышли на плато (+7 % / +2 ТВт·ч с 2019 года). Удивительно, но сейчас абсолютный рост в Италии намного ниже, чем в Польше (+451 %, +3 ТВт·ч).

По большей части это связано с задержками предоставления прав на земельные участки, однако итальянское правительство пытается ускорить процесс.

Чехия и Румыния — две относительно крупные страны, где с 2019 года объемы солнечной генерации практически не росли (лишь немного — на протяжении последнего десятилетия). Развитие солнечной энергетики в этих странах создаст новые рабочие места, снизит стоимость электроэнергии в условиях продолжающегося энергетического кризиса и позволит избежать замены одного ископаемого топлива (угля) другим (природным газом), особенно с учетом того, что обе страны планируют полностью отказаться от угля к началу 2030-х годов.

В целом можно сделать вывод: успех солнечной энергетики зависит от политики, а не только от интенсивности излучения.

Страны как с высокой (Испания и Кипр), так и с низкой (Нидерланды и Германия) интенсивностью солнечного излучения вырабатывают около 10 % потребляемой ими электроэнергии с помощью Солнца. Последовательная политика правительства в этой сфере может помочь созданию рынка солнечной энергетики в любом уголке Европы.

Ожидается, что распространение дешевой солнечной генерации в Европе заставит многие страны пересмотреть свои цели в этой области. Так, в коалиционном соглашении, принятом недавно в Германии, указана новая цель в области солнечной энергетики — увеличение мощности до 200 ГВт к 2030 году. Это существенный шаг вперед: сейчас установленная мощность солнечных электростанций — 59 ГВт, что покрывало 9 % спроса на электроэнергию в 2021 году. На всем континенте настало время солнечной энергетики,

и национальные правительства должны встать на этот путь.

Сокращение доли атома замедляет энергопереход

Сокращение доли ядерной генерации в энергобалансе замедлило темпы снижения выбросов в энергетической отрасли ЕС. За последнее десятилетие значительно выросла выработка электроэнергии ветряными и солнечными электростанциями (+334 ТВт·ч), тогда как объемы выработки на АЭС снизились на 105 ТВт·ч. В результате почти треть новых ветряных и солнечных мощностей, построенных за последнее десятилетие, пошла на замещение выбывших ядерных мощностей, а не электростанций на ископаемом топливе, что замедлило темпы декарбонизации.

По-видимому, данная тенденция сохранится в ближайшие пять лет. В конце 2021 года была остановлена половина имеющихся в Германии реакторов (4 ГВт). Остальные будут остановлены в конце 2022 года. В декабре 2021 года правительство Бельгии приняло принципиальное решение о закрытии действующих АЭС (6 ГВт) в стране к 2025 году. Остановы реакторов начнутся уже в этом году. Кроме того, объемы производства электроэнергии на французских АЭС, по-видимому, резко сократятся в 2022 году — примерно на 50 ТВт·ч, поскольку в пяти реакторах были обнаружены неисправности и было объявлено об увеличении срока их отключения для проведения ремонтных работ.

Это сокращение выработки на АЭС будет лишь отчасти компенсировано вводом в эксплуатацию новых реакторов в Финляндии, Словакии и Франции в ближайшие годы.

На основе базового прогноза МЭА для ветряной и солнечной генерации в ЕС, а также прогноза Ember в отношении ядерной генерации делается вывод: более 75 % выработки на новых солнечных и ветряных электростанциях в 2022 году пойдет на замещение выбывающих ядерных мощностей, а не электростанций на ископаемом топливе. Начиная с 2023 года объемы производства на АЭС должны в целом стабилизироваться (при условии, что не будут выявлены новые проблемы и не будет объявлено о закрытии других АЭС), и новые объемы солнечной и ветряной генерации начнут быстро замещать источники энергии на ископаемом топливе.

Если доля ядерной генерации продолжит сокращаться, законодателям придется работать над тем, чтобы планы развития ветряной и солнечной генерации и меры повышения энергоэффективности обеспечивали замещение выбывающих ядерных мощностей, а сокращение использования ископаемого топлива происходило темпами, необходимыми для достижения цели в 1,5 °C.

Выводы

Газовый кризис выявил все скрытые недостатки энергетических стратегий, чрезмерно полагающихся на газ как переходное топливо. Он также однозначно показал, что тарифы на выбросы углерода и рыночные факторы сами по себе не могут обеспечить своевременный отказ от угля.

Чтобы полностью отказаться от его использования, необходимо законодательно установить требование о закрытии угольных электростанций к этой дате. Одновременно должны быть приняты законы, которые обеспечат создание инфраструктуры для чистой энергетики и инвестиции в повышение энергоэффективности в объеме, необходимом для отказа от угля и других видов ископаемого топлива в энергетической отрасли и создания чистой энергосистемы в Европе к 2035 году.

Три главных вывода от Ember

1. Возобновляемые мощности заменяют газ и АЭС, а не уголь
Объем возобновляемой генерации в Европе продолжает расти. Однако с 2019 года более половины новых ВИЭ заменили газовые источники электроэнергии, треть — атомные электростанции, и только одна шестая — угольные ТЭС. При этом ранее (с 2011 по 2019 год) более 80 % новых возобновляемых мощностей замещали угольную генерацию. Рост отключений и выводов из эксплуатации ядерных мощностей тоже замедлил скорость сокращения угольной генерации.

2. Сокращение выбросов идет вдвое медленнее, чем нужно для предотвращения глобального потепления
В 2019–2021 годах выбросы в ЕС сократились менее чем наполовину от объема, необходимого для ограничения потепления 1,5 °C. Использование угля (самого «грязного» топлива) уменьшилось лишь на 3 % с 2019 года против 29 % за два предшествующих года. На долю ископаемых видов топлива приходится 37 % всей электроэнергии, произведенной в ЕС в 2021 году (против 39 % в 2019 году), тогда как на долю возобновляемой и ядерной генерации — 37 % и 26 % соответственно.

3. Ветряные и солнечные станции показали свою эффективность во время энергетического кризиса
Ветряные и солнечные электростанции успешно работали в течение всего энергетического кризиса, устанавливая новые рекорды каждый месяц во второй половине 2021 года (кроме сентября). Ветряная и солнечная энергетика в 2021 году установила новый рекорд (547 ТВт·ч), впервые выработав больше электроэнергии, чем газ (524 ТВт·ч), даже несмотря на скромный рост из-за низких скоростей ветра. Солнечная генерация бурно развивается как на севере, так и на юге Европы: в 2021 году было произведено на 27 % больше электроэнергии, чем в 2019 году, а выработка в Нидерландах и Испании увеличилась вдвое за тот же период.

Радиохимия: более 200 лет истории

Фото: Атомный эксперт, Росатом

Современная промышленная радиохимия выросла «из шинели» — от решения оборонных задач атомщики постепенно перешли к развертыванию уникальных технологий для мирного атома. Сейчас у радиохимиков — одна из важнейших ролей в реализации двухкомпонентной ядерной энергетики. Главный научный сотрудник отдела радиохимических технологий АО «ВНИИНМ» Владимир Волк проследил путь развития радиохимии от открытия урана до наших дней.

Как всё начиналось

Что такое радиохимия? Это химия природных и искусственных радиоактивных элементов. Промышленная радиохимия — это радиохимическая технология.

Условно датой рождения радиохимии можно считать 1789 год — именно тогда немецкий химик Мартин Генрих Клапрот открыл уран. Ученый смешивал урановую смолку — уранинит (оксид урана) с сажей, прокаливал и в результате получил черное вещество. Он счел эту субстанцию новым химическим элементом, металлом, и назвал его в честь недавно открытой планеты.

Однако в 1842 году француз Эжен Пелиго доказал, что «уран» Клапрота — не металл, а низшая окись урана (UO_2). Э. Пелиго провел металлотермическую реакцию с металлическим калием и получил настоящий металлический уран. Кстати, Э. Пелиго впервые применил экстракцию для очистки урановых соединений, в частности нитрата уранила. Он установил, что уран переходит в органическую фазу достаточно эффективно, а примеси остаются в водном растворе.

Углубляясь в историю радиохимии, необходимо, конечно, отметить работы Пьера

Биография эксперта

Владимир Иванович ВОЛК — доктор технических наук, главный научный сотрудник АО «ВНИИНМ». Профессиональная деятельность — исследования и разработка технологий в области обращения с ОЯТ и РАО.

Научный руководитель технологии исследовательских горячих камер опытно-демонстрационного центра на ФГУП ГХК; научный руководитель внедрения установки «Утес» на АО СХК.

Автор 70 патентов РФ и авторских свидетельств СССР, регулярно представляет результаты на тематических конференциях и семинарах, опубликовал более 100 работ (статьи, доклады на конференциях, отчеты о НИР и НИОКР, аналитические обзоры).

Заслуженный работник атомной промышленности РФ. Лауреат Государственной премии СССР.

и Марии Кюри, открывших в конце XIX века еще два природных радиоактивных элемента: радий и полоний. Эти элементы, особенно полоний, обладали куда более мощно выявляемой радиоактивностью.

Когда было зафиксировано выделение нейтронов при бомбардировке альфа-частицами некоторых материалов, в частности алюминиевой фольги, радий уже выделяли в достаточно больших — близких к промышленным — количествах. Первые работы по радию начались в 1920-х годах и продолжались с переменным успехом в 1930-х. Так начиналась промышленная радиохимия.

К этому времени было установлено, что у одного из изотопов урана — ^{235}U (его доля в природном уране 0,72 %) коэффициент размножения нейтронов выше 1, то есть этот материал способен к мгновенной самопроизвольной цепной реакции распада. Стало ясно, что это можно использовать для создания сверхоружия.

В 1942 году под трибунами стадиона в Чикаго, США, заработал первый уран-графитовый реактор, целью которого была наработка из урана второго (уже искусственного) элемента — плутония.

Таким образом появились два способа получения делящегося материала: разделение изотопов урана и наработка в урановых блоках плутония с последующей радиохимической переработкой этих блоков и выделением плутония. Оба способа получили развитие.

В 1946 году на территории Курчатовского института в СССР заработал первый в Европе уран-графитовый реактор. К этому времени в нашем институте им. А. А. Бочвара была создана широко известная в узком кругу установка У-5, которая перерабатывала облученные блоки. На установке проходили обучение и стажировку первые радиохимики, которые затем работали на создаваемых производственных комплексах.

Одновременно создавалась технология переработки облученного урана. Именно в нашем институте впервые в СССР и Европе был получен металлический плутоний путем переработки облученного урана, то есть по полному производственному циклу.

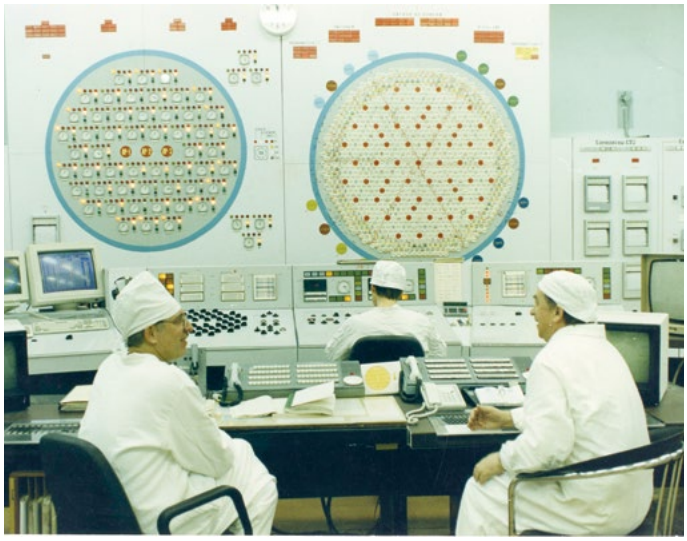
Первые технологии переработки облученного урана — осадительные. Уже был изучен ряд окислительно-восстановительных реакций плутония, позволявших отделить уран от него и (что важно) от продуктов деления.

Эти технологии были очень несовершенны: радиоактивными отходами и обращением с ними не было времени заниматься — главной задачей было как можно скорее создать собственную бомбу. Напомню, в августе 1945 года США сбросили на Японию две бомбы: урановую и плутониевую. В СССР первая бомба — плутониевая — была создана в 1949 году.

Говоря об отходах, нужно помнить: абсолютное количество продуктов деления (как и плутония) зависит от работы реактора, а распределение осколков и количество радиоактивно «грязных» отходов — от технологии переработки. Поэтому радиохимия стала промышленной тогда, когда появилась необходимость перерабатывать огромное количество облученных урановых блоков — перерабатываемый материал исчислялся тысячами тонн, и количество «грязных» солей, то есть продуктов переработки, тоже было огромным.

Не обходилось без инцидентов. Самым крупным из них была радиационная авария 1957 года на Урале, которая привела к появлению Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС). Радиохимический завод на «Маяке» работал по более-менее освоенной ацетатной технологии, солевые отходы представляли собой смесь нитрата натрия и ацетата натрия, собираемую в охлаждаемом резервуаре (огромном, на тысячи кубов — так называемой банке). В какой-то момент система охлаждения перестала функционировать, содержимое «банки» высохло и начало разлагаться под воздействием различного рода излучений. Произошел химический взрыв, и огромное количество радиоактивных аэрозолей вынесло из «банки».

Вернемся к осадительной технологии. Было понятно, что она более-менее выполняет зада-



Байки «Маяка»

Интересно, что та эфирная экстракция, которую впервые провел Э. Пелиго, применялась для очистки урана (в порядке эксперимента) в Советском Союзе, то есть более чем через 100 лет.

Старожилы комбината «Маяк» рассказывали мне, как выглядел тогда этот процесс: поскольку диэтиловый эфир — пожароопасная жидкость, его доставляли на площадку в деревянных бочках на колесах, которые тянули лошади, причем к их хвостам были привязаны железные цепи. Деревянные бочки — чтобы не проскочила искра, а цепи на хвостах — чтобы снимать статическое электричество.

Экстракция

Слово «экстракция» образовано от латинского extraho — «извлекаю». Объекты, подвергающиеся экстракции, могут быть как твердыми веществами, так и жидкостями. Экстракцию из твердых веществ называют экстрагированием.

чу наработки плутония, но вопросы обращения с отходами решаются крайне неудовлетворительно. Технология совершенствовалась, на одном из этапов развития была решена задача рециркуляции, то есть повторного использования одного из основных реагентов — уксусной кислоты. Оставался один отход — нитрат натрия. Были попытки очищать эту соль перекристаллизацией, чтобы уменьшить объемы «грязных» солей, но это оказалось дорогим удовольствием — проще было обеспечить хранение. В итоге проблемы так называемого ядерного наследия мы решаем до сих пор. Этим же занимаются и в США: до сих пор решается задача очистки «банок» для хранения солевых отходов на площадках в Хэнфорде и в Саванна-Ривер.

Еще один интересный факт. Для того чтобы получить плутоний оружейного качества, нужно наработать изотоп ^{239}Pu без примесных изотопов. Выгорание топлива было крайне небольшим, поэтому содержание ^{235}U в природном уране менялось мало: на входе — 0,72 %, на выходе — 0,65–0,67 %. То есть регенерированный уран так же, как и природный, шел на производство, на сублиматно-разделительный передел. Это производство гексафторида урана и собственно изотопное разделение, которое основано на особых свойствах гексафторида.

Решалась также задача возврата урана если не в ядерный топливный цикл, то по меньшей мере в ядерный оружейный: шло изотопное разделение урана и получение ^{235}U.

Золотой век радиохимии

1950–1960-е годы — пора бурного развития промышленных радиохимических технологий, золотой век радиохимии.

Радиохимия шла по пути поэтапного исключения осадительных процессов и замены их более прогрессивными: ионообменным аффинажем плутония и экстракционной технологией.

Впервые об этой технологии было доложено на Первой международной конференции по мирному использованию атомной энергии, прошедшей в Женеве в 1955 году. Доклад сделали американцы, хотя аналогичные эксперименты проводились и в Советском Союзе. Ученые доказали, что с помощью реагента трибутилфосфата (эфира фосфорной кислоты) можно извлечь из водного раствора уран и плутоний (при этом продуктов деления извлекалось крайне мало). Недостаток у этой технологии был только один: реагент был вязким, чрезмерно плотным. Догадались его разбавить, и в результате повсеместное применение нашел 30 % раствор трибутилфосфата. Эмпирически было доказано, что разведение дает достаточно высокую экстракцию в органическую фазу и в то же время — простую реэкстракцию снова в водную фазу (в частности, для урана).

Это сильно упростило радиохимическую переработку облученного урана: исчезла проблема «грязных солей». Это была революция в обращении с отходами.

Промышленный переход на экстракционную технологию переработки облученных урановых блоков произошел в 1976–1982 годах.

В те же годы испытывалось различное оборудование для этого процесса: дискретные

смесительно-отстойные аппараты-экстракторы (они собирались в каскады), противоточные экстракционные колонны.

В результате значительно упростилась технология и была достигнута колоссальная экономия средств, а главное — были заложены основы переработки ОЯТ атомных электростанций. То есть промышленная переработка облученного топлива АЭС выросла из «шинели» оружейных программ.

Первым радиохимическим комплексом в СССР стал многоцелевой РТ-1, работающий до сих пор.

Переработке подлежало облученное топливо энергетических, исследовательских, транспортных реакторов (ледоколов, лихтеровозов, атомных подводных лодок).

Энергетические реакторы в то время были двух типов: водо-водяные ВВЭР и печально известные РБМК (реактор большой мощности канальный, произошедший от реакторов — наработчиков плутония).

В топливе для этих реакторов содержание ^{235}U было таким: 4–4,5 % — у ВВЭР, 2–2,5 % — у РБМК. В топливе исследовательских реакторов содержание ^{235}U доходило до 90 %, в транспортных — до 65–70 %.

В комплексе РТ-1 совместно перерабатывались различные виды топлива. Было найдено интересное решение: если смешать урановый регенерат с остаточным содержанием урана около 1 % (с учетом выгорания топлива в ВВЭР) и регенерат от переработки топлива с высоким содержанием ^{235}U (в отдельных видах топлива — до 50 %), то можно, минуя обогащение, использовать это топливо снова — в частности, для реакторов РБМК. Таким образом, в 1980-х годах был замкнут ядерный топливный цикл по урану.

Производство топлива тоже не стояло на месте: если в начале эксплуатации ВВЭР выгорание было на уровне 30–35 ГВт в сутки на тонну, то сейчас эта цифра уже больше 60 ГВт. В этом есть и плюсы, и минусы. Плюсы: продлевается топливная кампания, уменьшается количество облученного топлива. Минусы: остаточное содержание ^{235}U падает, и растет количество «паразитных» четных изотопов урана (^{232}U, ^{236}U, ^{234}U).

Если в первых регенератах содержалась около 1 % ^{235}U, то в овременных — 0,4–0,6 %. Иначе говоря, смысла в переработке и получении уранового регенерата становится меньше. Сейчас уран, пригодный для последующего использования в топливном цикле, получают посредством сложной технологической цепочки: извлечение гексафторида урана, разделение изотопов урана.

Что дальше?

Концептуальное направление развития современной радиохимии — начало процесса утилизации плутония, то есть введение плутония в дополнение к ^{235}U и получение МОХ-топлива. Это направление получило развитие на Западе, главным образом во Франции.

В России развивается программа REMIX — производство топлива для реакторов ВВЭР с использованием облученного топлива. Суть проста: плутоний не отделяется от урана, и, следовательно, обогащенного урана требуется меньше. Если МОХ-топливом можно заполнить только треть активной зоны, то REMIX-топливом — всю активную зону.

Однако до конца проблему утилизации плутония это не решает. Плутоний может эффективно использоваться только в реакторах на быстрых нейтронах. Если в реакторе на тепловых нейтронах коэффициент воспроизводства (то есть сжигается одно топливо — ^{235}U, появляется новое — плутоний) на уровне 0,8, то в быстрых реакторах он равен единице, а при некоторых конструктивных изменениях — существенно выше.

Более того, в спектре быстрых нейтронов топливом становится ^{238}U, тогда как в процессах на тепловых нейтронах он топливом не является.

Напомню: в России работают два промышленных быстрых реактора — БН-600 и БН-800, сооружается ОДЭК с РУ БРЕСТ-ОД-300, планируется сооружение БН-1200. Если реакторы на быстрых нейтронах получат промышленное развитие, мы выйдем на полноценную двухкомпонентную энергетику.

Перед промышленным радиохимическим комплексом, таким образом, ставится задача: организовать переработку топлива быстрых и тепловых реакторов. У специалистов сформировалась идея ядерного острова — комплекса переработки топлива быстрого и теплового реакторов. При этом некоторые процессы раздельны для двух типов реакторов, а некоторые (например, аффинаж плутония) могут быть совместными. Общей задачей может быть и получение уран-плутониевой лигатуры, так называемой мастер-смеси, поступающей на завод по производству топлива. В качестве исходного материала производится топливо, содержащее плутоний, разного назначения: это МОХ и REMIX для тепловых реакторов, МОХ — для быстрых. Конечно, все это объединяется инфраструктурно. Оптимизировать инфраструктуру такого сложного комплекса — задача непростая. Обсуждаются различные варианты.

Все то, о чем я говорил выше, касается так называемого уран-плутониевого ядерного топливного цикла. Однако актуальна и проблема радиоактивных отходов: фракционирование РАО с целью разделения на фракции по периоду полураспада различных нуклидов и по выбору матриц — для изоляции наиболее совместимых; ликвидация так называемых минорных актинидов (нептуний, америций и кюрий): их выделение и уничтожение путем ядерной трансмутации — сжигания в специальных реакторах.

Есть еще одно любопытное направление — торий-урановый топливный цикл. Это тепловой спектр нейтронов. Вторичное топливо, которое образуется в реакторе,— ^{233}U, делящийся изотоп урана. Коэффициент воспроизводства в ториевом цикле — 1,12. Запасы тория намного превышают запасы урана.

Уверен, что у этого направления большое будущее, например, в Индии. Все восточное побережье полуострова Индостан — это так называемые черные пляжи, состоящие из монацита — ториевой руды. Одно время проводились интенсивные российско-индийские семинары по ториевому топливному циклу. Мы с интересом слушали доклады индийских коллег.

При переработке облученных ториевых материалов возможны два варианта наработки ^{233}U. Первый: ^{233}U сопутствует ^{232}U. Это неприятный изотоп, у него своя цепочка распада, в ней участвуют в равновесных количествах жесткие гамма-излучатели. Это означает, что, как только получен урановый регенерат, еще не содержащий шлейфа продуктов распада, равновесных с ним, нужно немедленно изготавливать топливо. Второй: выделяется протактиний, распадающийся на чистый ^{233}U — оружейный уран, полученный химическим путем, достаточно простым, без применения технологии разделения изотопов.

Когда на одном из семинаров индийские коллеги показали нам схему переработки облученного торий-уранового продукта, я увидел узел выделения протактиния. Это их путь: в одном комплексе выполняются и гражданская, и оружейная программы.

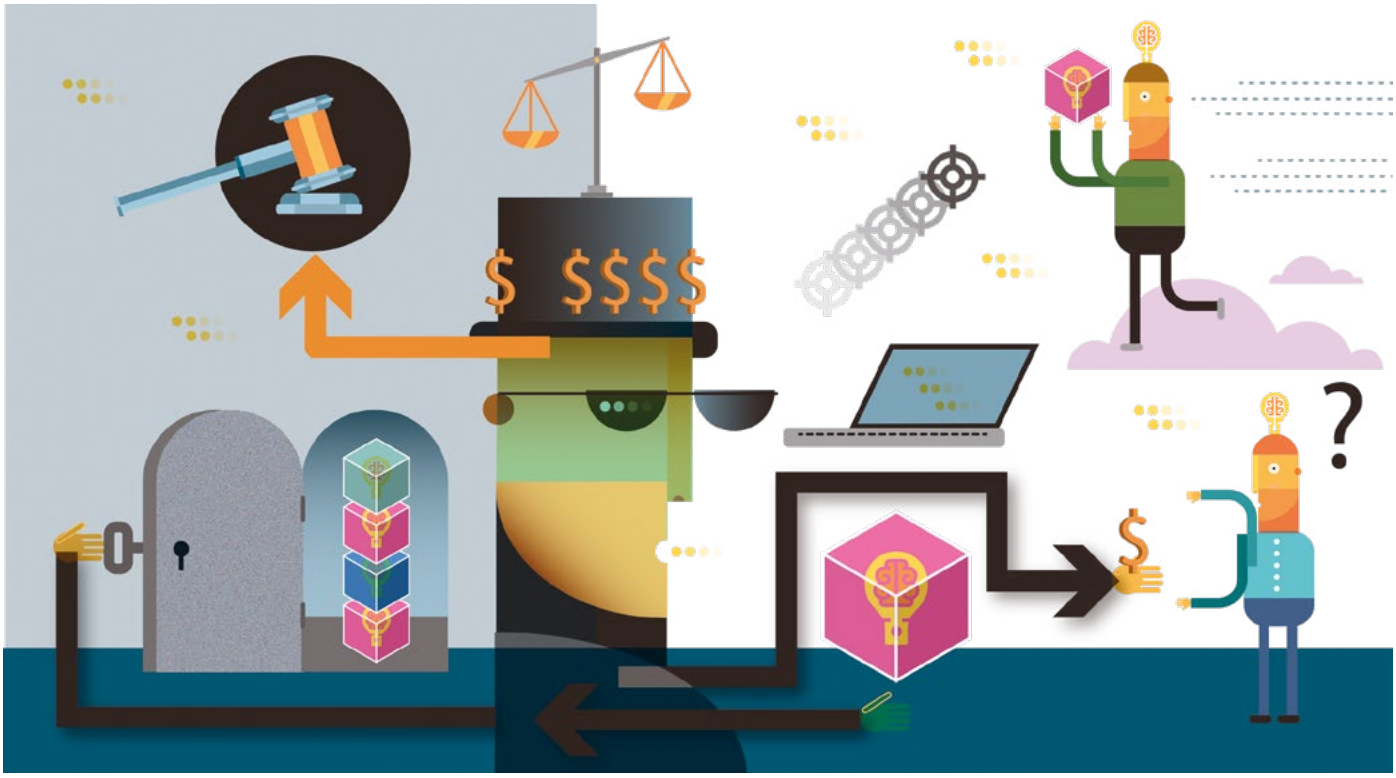
Из всех направлений развития промышленной радиохимии, о которых я говорил, ВНИИНМ сконцентрировался на переработке топлива быстрых реакторов — прежде всего нитридного (СНУП).

В целом, промышленная радиохимия будет работать над задачами выстраивания двухкомпонентной ядерной энергетики еще довольно долго — лет 100 точно. Что дальше? Очевидно, использование реакции термоядерного синтеза и связанные с этим вызовы. Там для радиохимиков работа тоже найдется: это химия газообразных радиоактивных продуктов, тоже интересно.

Тонкости патентования: тролли и роботы

Иллюстрации: Влад Суровегин

В эпоху четвертой технологической революции вопросы патентования становятся все более запутанными, а результаты научной деятельности –уязвимыми для незаконного присвоения. Что такое патентный троллинг и как с ним бороться? Может ли искусственный интеллект — сейчас или в ближайшем будущем — стать обладателем патента? Ответы на эти вопросы можно найти в статье, написанной для сборника трудов III научной конференции «Подготовка кадров и правовое обеспечение реализации научных проектов класса мегасайенс», прошедшей в июне 2021 года на базе НИЯУ «МИФИ» и МГЮА им. О.Е. Кутафина. Авторы статьи — ученые из МГЮА, кандидаты юридических наук: доцент кафедры интеграционного и европейского права Александр Барабашев и заместитель заведующего кафедрой практической юриспруденции Дарья Пономарева.



Обеспечение комплексной и эффективной защиты прав интеллектуальной собственности, особенно в области научной и научно-технической деятельности, становится одной из ключевых задач. В условиях формирования и развития сетевого общества и быстрого распространения таких феноменов, как киберпреступления, способность обеспечить правовую защиту объектов интеллектуальной собственности от несанкционированного использования третьими сторонами имеет огромное значение. Результаты научной деятельности (РНД) и научная информация становятся все более чувствительными к цифровым угрозам.

К РНД обычно относят открытия, ноу-хау, изобретения, полезные модели, промышленные образцы, информационные технологии, предложения и рекомендации в области социально-экономической деятельности.

Каждый результат научной деятельности имеет собственный способ правовой защиты: патент, авторское право, режим коммерческой тайны. Одним из наиболее распространенных способов защиты РНД в контексте технологиче-

ского развития является патентование. В статье мы рассмотрим существующие этические и правовые проблемы патентования результатов научной деятельности на примере опыта Европейского союза и США.

Как правило, такие проблемы касаются так называемых биотехнологических изобретений, а также изобретений, связанных с условиями жизни людей и животных (например, лекарственных препаратов). Но при этом этические и правовые аспекты патентования не ограничены только лишь областью биотехнологий. Сегодня актуальными являются вопросы патентного троллинга, а также патентование результатов научной деятельности, созданных системами искусственного интеллекта.

Патентный троллинг

Не так давно Уве Сассенберг, руководитель специального проекта Science Link, чьей главной задачей является привлечение внимания частных компаний Балтийского региона к исследовательской инфраструктуре таких мегапроектов, как XFEL (Европейский рентгеновский лазер на свободных электронах), FAIR (Центр по исследованию ионов и антипротонов), ESS (Европейский источник расщепления), и других, отмечал, что, хотя 85 % экспериментального времени установок, мониторинг которых проводился в рамках его проекта, по-прежнему тратится на решение чисто научных проблем, интерес частного бизнеса к возможностям установок «меганаучного» класса непрерывно растет.

Так, по результатам очередного этапа сбора частных заявок на участие в экспериментах команда проекта Science Link привлекла около 30 новых компаний из всех восьми стран Балтийского региона (за исключением России). 70 % новых заявителей оказались малыми и средними предприятиями, представляющими самые разные отрасли (биотехнологии, строительство, производство новых материалов, химическая промышленность, сельское хозяйство и т. д.). Можно говорить о том, что роль частных инновационных компаний из малого и среднего бизнеса, а в некоторых случаях — и отдельных независимых изобретателей в создании научных объектов «меганаучного» класса постоянно растет.

Серьезным препятствием для их успешной работы становится так называемый патентный троллинг. Патентный тролль — это физическое или юридическое лицо (в некоторых странах — и организация без статуса юридического лица), которое ничего не изобретает и не производит, иногда даже не имеет офиса и активов в общепризнанном смысле этого слова. Он просто покупает патенты, чтобы затем получить выгоду от подачи патентных исков против конкурентов, которые по сути являются добросовестными изобретателями и рационализаторами. Патентный тролль обычно занимает выжидательную позицию: он владеет патентом, но вообще не заинтересован в разработке, или производстве продукции, или инновационном процессе, связанном с патентом. Патентные тролли пачками и иногда буквально за копейки скупают «спящие» (т. е. неиспользуемые) патенты. Другой вариант — за бесценок приобретают патенты у компаний, находящихся на грани банкротства, а также у компаний и частных изобретателей, которые не планируют использовать свои патенты и технологии из-за нехватки средств на их разработку.

В качестве примера стратегии и тактики патентных троллей можно рассмотреть работу Американской организации по защите патентов. Она называет себя организацией, защищающей патентные права изобретателей и рационализаторов. На практике такая защита оборачивается патентным троллингом,

Косвенные признаки патентного троллинга (согласно Кодексу Вирджинии)

1. Претензия, направленная добросовестному изобретателю, не содержит основной информации о нарушаемом патенте (например, его номера, даты выдачи и т. д.).
2. Заявитель перед подачей претензии не смог сделать обоснованные выводы о том, что продукт, якобы нарушающий патент, действительно его нарушает.
3. В претензии не указаны конкретные области, в которых действие патента распространяется на продукты, услуги или технологии предполагаемого нарушителя.
4. Лицо, предъявляющее претензию, оценивает стоимость патента необоснованно высоко.
5. Претензия содержит заведомо ложные заявления о нарушении патентных прав.
6. Заявитель угрожает правовыми действиями, которые не могут быть предприняты в законном порядке.
7. В претензии заявлено о нарушении патента, который не вступил в силу в период, в котором якобы имело место нарушение закона об использовании патентных прав.
8. В претензии заявлено о нарушении патента, ранее утратившего силу.

который существует за счет эксплуатации слабых мест патентной системы и подачи исков с требованием компенсации за надуманное или реальное нарушение патентных прав тролля. Действительно, формулировки в патентах иногда чрезвычайно широки и расплывчаты — для того чтобы минимизировать риски их нарушения. Иногда это играет на руку добросовестным изобретателям, но намного чаще помогает патентным троллям в их нечестной игре.

С юридической точки зрения добросовестный изобретатель может защитить свои права только в суде, где он с большой вероятностью проиграет дело. Обычно патентные тролли действуют так: они приобретают неиспользуемый патент, ждут, пока кто-то разработает похожую технологию, а затем подают против него иск за нарушение патентных прав. Поскольку рассмотрение дела в суде может быть довольно рискованным для троллей (сохраняется шанс, пусть и небольшой, что дело будет проиграно), они стараются заключать досудебные соглашения, пусть и не за астрономические суммы. Тролли зарабатывают деньги не на величине иска, а на большом количестве заключаемых ими досудебных соглашений на небольшие суммы.

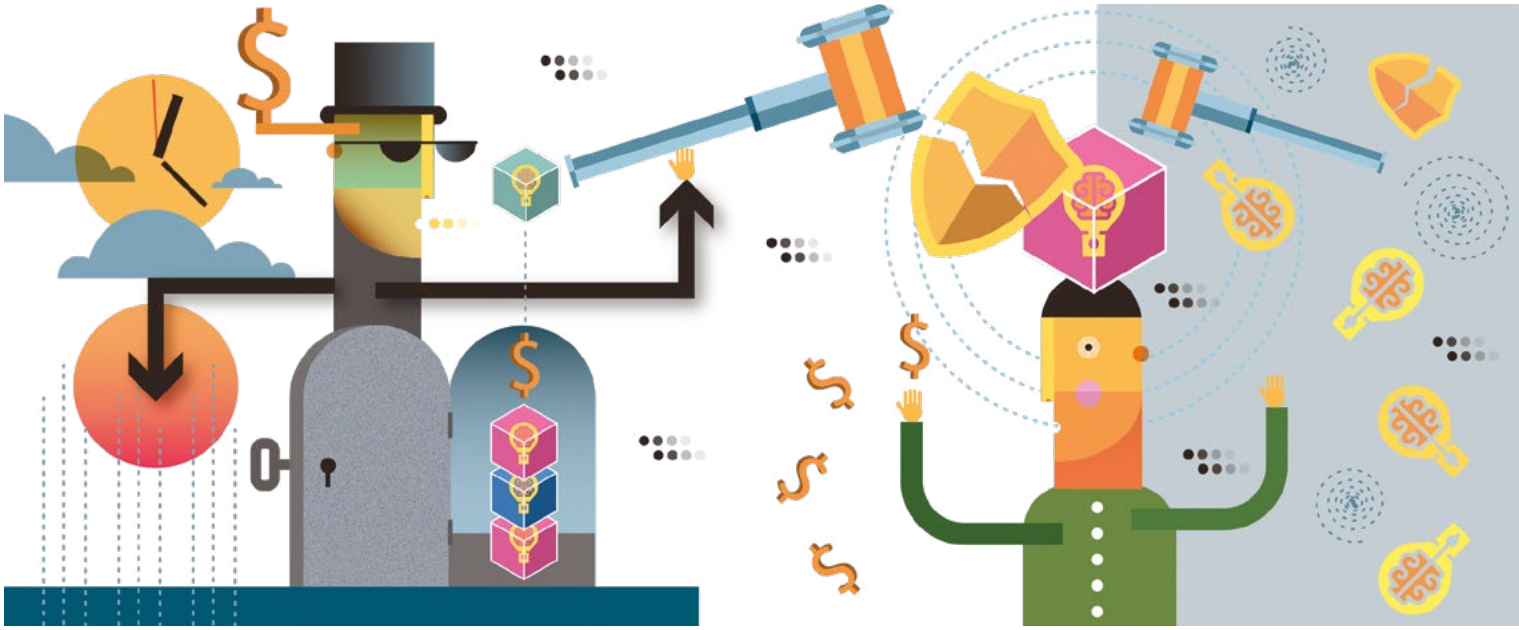
Возвращаясь к деятельности Американской организации по защите патентов, мы отметили, что в один год она подала более 9 тыс. исков против ответчиков, а до суда дошло лишь незначительное их число, не более 30.

Бизнес патентных троллей растет. Недавно компания Envision IP опубликовала перечень из 15 «организаций по защите патентов» (т. е. патентных троллей), чьи акции торгуются на Нью-Йоркской фондовой бирже, что подтверждает эффективность патентного троллинга как отдельного вида коммерческой деятельности.

Если дело все же доходит до суда, патентные тролли очень осторожно выбирают юрисдикцию. Так, статистика показывает, что 35–40% всех исков о нарушении патентных прав в США были поданы в суды Восточного Техаса. Компании, занимающиеся патентным троллингом, активно участвовали в благотворительной деятельности в регионе, склоняя общественное мнение в свою пользу, что особенно важно, поскольку присяжные набираются из местных жителей. В результате добросовестные изобретатели — ответчики проигрывали дело в 75–80% случаев. Такая ситуация служила безусловным стимулом для ответчиков к урегулированию исков во внесудебном порядке.

Удивительно, но сама возможность патентного троллинга была заложена Конституцией США, в которой говорится об исключительном праве изобретателя на его изобретение (в течение определенного периода времени). Кроме того, истец не обязан доказывать, что нарушитель намеренно использовал чью-либо интеллектуальную собственность (т. е. в его действиях может отсутствовать умысел) — достаточно просто доказать, что ответчик продал продукт, созданный с использованием чьего-либо патента.

Стремительному развитию патентного троллинга поспособствовали несколько ключевых факторов. Во-первых, мы живем в эпоху технологического бума, когда количество изобретений непрерывно растет, а технологии становятся все более сложными, и в результате любая технология включает в себя множество патентов. Так, например, в обычный смартфон «зашиты» 200–300 тыс. патентов. Во-вторых, формулировки в описании технологий в патентах предельно широки и расплывчаты, чтобы минимизировать риски притязаний третьих сторон на такие технологии. Это делается намеренно, но иногда приводит к тому, что компания — владелец патента или изобретатель запутывают сами себя, поскольку не могут понять, не нарушают ли они чужие патенты. Расплывчатость патентных формулировок играет на руку патентным троллям. Фактически никто — даже суд — не может однозначно сказать, не нарушает ли технология чей-то патент. Однако патентные тролли почти всегда находят надежные основания для иска. И хотя сегодня суды проводят предварительные слушания, чтобы максимально точно определить технологию, описанную в патенте, ответчики даже в случае выигрыша



дела потратят сотни тысяч, если не миллионы долларов на оплату услуг юристов. В-третьих, патентные тролли не несут практически никаких рисков при подаче иска в суд. Они нанимают юристов с условием, что гонорар будет выплачен только в случае выигрыша дела. Поскольку тролли ничего не производят, подать ответный иск против них чрезвычайно трудно. Их не испугать запретом на продажу продукции, снижением производительности или другими вещами, которые обычно приводят в ужас любого добросовестного бизнесмена. Забрасывая ответчиков исками, тролли вынуждают их тратить огромные средства на юридические услуги или заключать досудебные соглашения как единственную разумную альтернативу такой ситуации. В конце концов, средства, потраченные ответчиком в суде, будут в несколько раз больше, чем отступные патентному троллю.

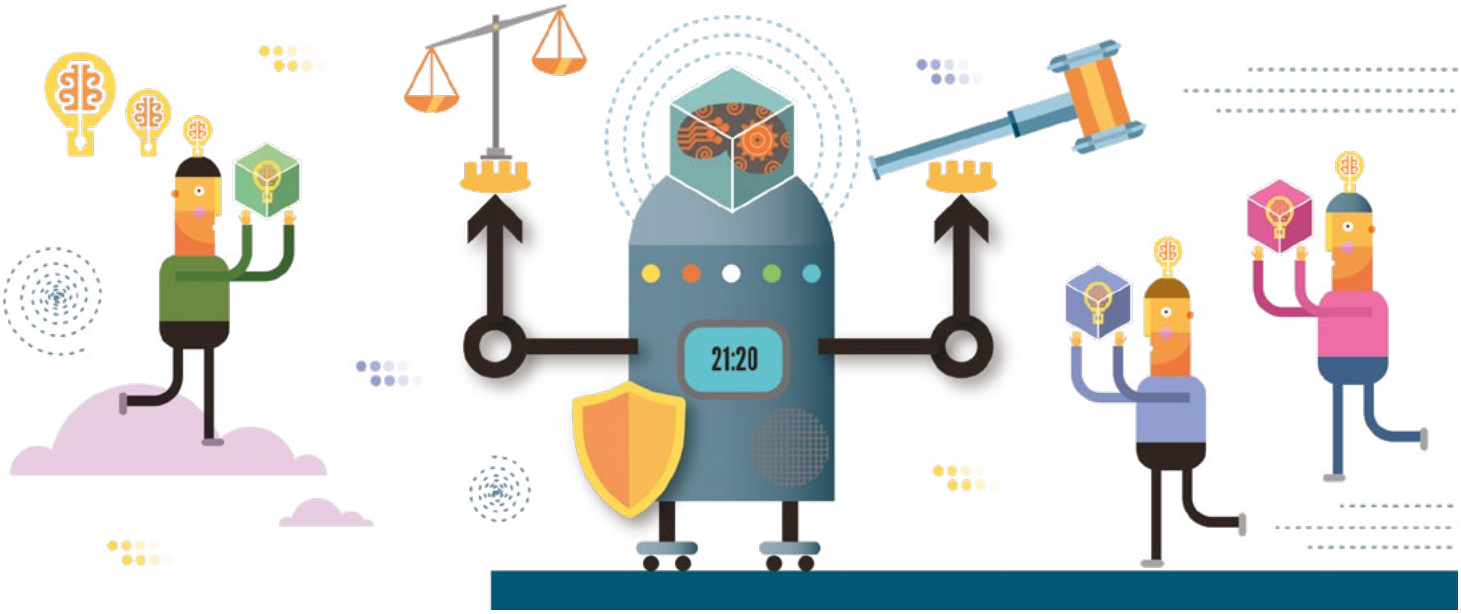
В США патентные дела составляют 20 % всех дел, рассматриваемых судами. Общие расходы ответчиков на юридические услуги в патентных спорах сегодня достигают десятков миллиардов долларов. Кроме того, компании-ответчики вынуждены раскрывать конфиденциальную информацию, что может привести к утечке секретов производства, не говоря уже о том, что сотрудники компании вынуждены оторваться от исполнения своих обязанностей и тратить время в суде.

В США, где инновации являются одним из основных приоритетов национальной политики, патентный троллинг существенно замедляет научный и технологический прогресс, особенно принимая во внимание тот факт, что источником инноваций в США являются небогатые малые и средние предприятия. Тролли не нарушают закон и действуют в правовом поле, тогда как у талантливых изобретателей и одиноких рационализаторов нет средств, чтобы подавать иски против патентных троллей или платить им отступные. Осознавая масштаб проблемы, многие американские политики (в том числе экс-президент США Барак Обама) выражают озабоченность повсеместным распространением и взрывным ростом патентного троллинга. В частности, главный прокурор штата Вирджиния Марк Херринг заявил: «Необоснованные и нечестные патентные иски подрывают защиту интеллектуальной собственности, которая является одним из столпов инноваций, сделавших Вирджинию домом для многих высокотехнологичных и конкурентоспособных в мировом масштабе компаний».

Именно М. Херринг стал одним из ведущих борцов против патентного троллинга в США. Еще в 2014 году, осознавая необходимость решения этой проблемы, он поспособствовал тому, чтобы Кодекс штата Вирджиния был дополнен новыми разделами (§ 59.1–215.1–215.4.4), направленными на борьбу с этой проблемой через строгий запрет мошеннических заявлений и действий, относящихся к нарушению патентных прав.

В частности, в законе появились указания на то, что человек может делать ложные заявления о нарушении патентных прав, т. е. являться патентным троллем.

М. Херринг не остановился на достигнутом и создал Департамент по борьбе с патентным троллингом для расследования нарушений законодательства штата Вирджиния, запрещающего ложные заявления о нарушении патентных прав, и для привлечения патентных троллей к ответственности. Этот департамент также предоставляет резидентам штата информацию о патентных троллях и рекомендации по их выявлению. Благодаря этим образовательным, следственным и правоприменительным мерам Департамент по борьбе с патентным троллингом надеется защитить жителей штата от мошеннических патентных исков и искоренить проблему.



Критерии оценки недобросовестности исков о нарушении патентных прав, разработанные американскими законодателями, могут стать основой для разработки аналогичных законодательных норм на территории России и всего постсоветского пространства.

Робот или человек?

Патентование результатов научной деятельности, созданных системами искусственного интеллекта (ИИ), вынуждают решать, кто будет держателем патента на такие изобретения: создатель ИИ, ее пользователь или, когда речь идет об автономном ИИ, сама система? Современные системы ИИ способны создавать изобретения, которые являются результатом применения когнитивных способностей человека, а значит, могут быть запатентованы. В докладе Европейского парламента отмечается, что системы ИИ заменят собой человеческий интеллект в ближайшие десятилетия, а их деятельность будет неконтролируемой и саморегулируемой. Поскольку деятельность систем ИИ предполагает автономность, этот момент вызывает особый интерес в контексте защиты патентных прав. Специфический функционал ИИ позволяет использовать его на начальных этапах научного исследования, что в будущем может привести к созданию машиной собственного изобретения.

Сегодня большинство национальных законодательств не предусматривают возможности создания изобретения иным субъектом, кроме человека. Исключением является Европейский союз, в законодательстве которого сделана попытка пересмотреть понятие «изобретатель».

В частности, в докладе Европейского парламента, куда были включены рекомендации Европейской комиссии о гражданском регулировании робототехники, говорится: «Государствам — членам ЕС следует использовать обозначение „собственная интеллектуальная работа“ в отношении объектов, защищенных авторским правом и созданных с использованием компьютерных технологий или иным образом». Европейские законодатели однозначно признают творческие способности компьютерных систем в создании произведений искусства, но отмечают, что особое внимание следует уделять изобретениям и защите патентных прав в отношении деятельности систем ИИ.

В декабре 2020 года Европейская комиссия опубликовала итоговый вариант доклада «Тенденции и достижения в области искусственного интеллекта: вызовы для системы прав на интеллектуальную собственность». В документе отмечается, что если ИИ является простым инструментом в руках авторов и изобретателей, то существующее законодательство об авторских и патентных правах не требует изменений, но при этом документ рекомендует внести изменения в инструкции и провести дальнейшие исследования о необходимости правовых реформ в будущем. По мнению авторов, «полностью автономное создание изобретения системами ИИ в ближайшем будущем не представляется возможным». Однако обойден стороной вопрос: может ли система ИИ считаться автором или изобретателем? В этой связи в докладе делается следующий вывод: «Существующие концепции авторского права и патентного законодательства являются абстрактными и достаточно гибкими, чтобы охватить вызовы, создаваемые ИИ».

При этом в документе говорится следующее:

«С учетом практической важности технологий искусственного интеллекта в докладе были определены конкретные направления будущих правовых реформ (если они будут обоснованы практическим опытом), предложены рекомендации по оптимальному применению существующих правил и подчеркивается необходимость изучения возможности использования

Комментарий автора

Александр БАРАБАШЕВ

Алгоритм действий патентных троллей в юрисдикциях разных стран приблизительно одинаков, однако способы борьбы с патентным троллингом могут быть разными. В частности, важно, каким образом устроена патентная система, как в ней соотносятся методы патентования first to invent (первый обладатель патента — изобретатель) и first to file (первый обладатель — заявитель). Метод first to file дает патентным троллям больше возможностей похитить права на технологию у исконного изобретателя. В любом случае, эффективный метод защиты субъективных авторских прав — введение режима trade secret (коммерческой тайны). Правда, многое зависит от того, насколько эффективно в том или ином государстве выстроена система правовой защиты.

В частности, в США коммерческая тайна определяется очень широко и включает любую информацию: главное, чтобы она была достаточно ценной и секретной в той мере, в какой может обеспечить экономическое преимущество перед другими игроками рынка. Фактическое присвоение коммерческой тайны или угроза ее незаконного присвоения могут стать основаниями для привлечения компании-правонарушителя к ответственности, в том числе взыскания убытков. При этом убытки, установленные судом в случае присвоения чужой коммерческой тайны, включают как убытки ее владельца, так и необоснованное обогащение ее похитителя.

Проблему патентного троллинга в России, в отличие от США, сложно назвать масштабной. Если российские суды и сталкиваются с подобными делами, то их количество пока невелико. Это обусловлено, в частности, значительно меньшим объемом патентуемых изобретений в России и замедленными темпами роста инноваций в экономике. Вплоть до 2014 года сложность доказательства убытков в суде приводила к тому, что патентообладатели не спешили защищать свои права. Однако с тех пор многое изменилось. Сегодня результаты интеллектуальной деятельности (патенты, объекты авторских прав и др.) и средства индивидуализации (фирменные наименования, коммерческие обозначения, товарные

альтернативных методов защиты интеллектуальной собственности для защиты результатов деятельности, полученных с помощью искусственного интеллекта: режим промышленной тайны, договорные механизмы, защита от нечестной конкуренции».

И хотя результаты, созданные системами ИИ, не являлись предметом рассмотрения в докладе, по вступлению можно сделать вывод, что такие результаты не могут быть защищены патентами (что согласуется с решениями Европейского патентного ведомства по делу DABUS) или авторским правом.

Несколько слов о ситуации с DABUS. В конце 2018 года доктор Стивен Талер подал две патентные заявки в Европейском союзе (EP 18 275 163 — на пищевой контейнер и EP 18 275 174 — на устройства и методы повышения осведомленности). Впоследствии по особому распоряжению Европейского патентного ведомства (ЕПВ) С. Талер подал отдельную заявку, указав искусственный интеллект DABUS в качестве изобретателя обоих решений. Он заявил, что, поскольку DABUS смог «определить новизну собственных идей раньше, чем это сделал человек», такая машина должна считаться изобретателем, тогда как С. Талер считал себя нанимателем системы ИИ или ее правопреемником и, соответственно, владельцем патентных прав на изобретение, сделанное DABUS.

Однако Европейское патентное ведомство не согласилось с доводами С. Талера, поскольку указанное им имя изобретателя не соответствует критериям, изложенным в правиле 19 Европейской патентной конвенции. Там говорится, что ссылка на авторство изобретения должна содержать «имя, фамилию и полный адрес изобретателя, который должен быть физическим лицом». И хотя все прочие требования к патентоспособности были признаны соблюденными (например, новизна изобретения и его технический характер), реальным препятствием для выдачи патента стал тот факт, что в обеих заявках С. Талера изобретателем был назван не человек, а ИИ.

ЕПВ отклонил заявки С. Талера на следующих основаниях:

- Для получения европейского патента изобретатель должен быть физическим лицом. В решении ЕПВ было однозначно сказано, что «не представляется возможным найти национальный закон, который признал бы (машину) изобретателем».
- Имена, даваемые физическим лицам, не эквивалентны названиям вещей. Имя физического лица не только идентифицирует такое лицо, оно также связано с наличием определенных прав у такого лица, в отличие от названий вещей, которые только идентифицируют эти вещи.
- ЕПВ также подчеркивает, что устройства на основе ИИ «в настоящее время не имеют прав, поскольку не имеют статуса юридического лица». Это означает, что ЕПВ проводит различие между системами ИИ и юридическими лицами, подтверждая, что в настоящее время «отсутствует законодательство или судебная практика, которая формулировала бы или допускала бы существование такой юридической фикции»;
- Поскольку системы ИИ не могут ни использовать, ни иметь, ни передавать права интеллектуальной собственности, требование

знаки) ценятся выше. Хотя в России до сих пор нет четкой системы, позволяющей привлечь патентных троллей к ответственности, попытки создать подобный механизм все же есть. К примеру, на протяжении последних лет развивалось законодательство, регламентирующее сферу интеллектуальной собственности, в частности, были внесены изменения в ч. 4 Гражданского кодекса РФ, ужесточившие ответственность за нарушение субъективных прав интеллектуальной собственности, в том числе были введены фиксированные суммы компенсаций (статья 1406.1 ГК РФ). Был создан Суд по интеллектуальным правам, совершенствуется правоприменительная практика. Однако о системности говорить пока не приходится. Многие законодательные инновации одновременно препятствуют деятельности патентных троллей и способствуют ей. Объем защищенной интеллектуальной собственности сегодня в России не превышает 4%. В рейтинге уровня защиты авторских прав наша страна находится ближе к концу списка.

Изобретателям я бы дал следующий совет: подавайте заявки, патентуйте свои продукты, вводите режим коммерческой тайны — и делайте это заблаговременно. Чем больший документальный «след» вы оставите, чем качественнее вы его проработаете, тем легче вам будет защищаться от патентных троллей. Кроме того, если вы владелец бизнеса, для сохранения коммерческой тайны важно подписать с сотрудниками качественные соглашения о неразглашении конфиденциальной информации. Также полезным может оказаться сбор доказательств открытого использования применяемых технологий. Имеет смысл попробовать через суд досрочно прекратить охрану патента за неиспользование (тролли часто используют submarine patents — спящие патенты, пытаясь обобрать вас).

Что касается возможности получения патента для ИИ: юристы во всем мире ломают голову над тем, что есть ИИ с правовой точки зрения. Однако правовой статус искусственного интеллекта и вопросы его правосубъектности до сих пор четко не обозначены. Определения ИИ даже в соответствующих стратегиях различных стран носят скорее технический, порою даже философский, нежели юридический характер. Сейчас глубоко коллизионен даже вопрос о правовом режиме объектов прав интеллектуальной собственности, созданных искусственным интеллектом. Что ж говорить о нем самом…

Однако летом «СберБанк» сообщил о том, что он готовит первую в России заявку на интеллектуальный продукт самого искусственного интеллекта: код ИИ написал другой код ИИ. И СберБанку, и Роспатенту будет непросто найти правовую формулировку для закрепления подобной интеллектуальной собственности. Удачная попытка может стать прорывом и создать важный прецедент в контексте развития авторского права на произведения, созданные ИИ.

С. Талера о признании его нанимателем/правопреемником DABUS не может быть удовлетворено.

В целях совершенствования патентного законодательства для европейских законодателей были сформулированы следующие рекомендации:

«При оценке новизны изобретения Европейское патентное ведомство должно учитывать инвестиции в обеспечение уровня технической осуществимости, соответствующего технологии, доступной опытным заявителям на получение патента.

Для оценки неочевидности изобретения рекомендуется обновить инструкции Европейского патентного ведомства, чтобы отслеживать изобретения или иные результаты, полученные с помощью систем искусственного интеллекта.

Для оценки потенциала изобретения рекомендуется рассмотреть осуществимость и полезность эскроу-системы алгоритмов ИИ и(или) обучающие данные и модели, что потребует от заявителей предоставить релевантную информацию при необходимости».

Подчеркивается, что упреждающее регулирование в данном случае недопустимо — правовое регулирование в сфере защиты результатов, полученных системами ИИ, должно соотноситься с текущим уровнем развития технологий.

Также среди основных тенденций развития правового регулирования в области ИИ следует упомянуть:

- «человекоцентристский подход» к системам ИИ (они должны работать на благо человека);
- дифференциацию правового регулирования ИИ в зависимости от уровня развития (ИИ с элементами автономной работы требует специального подхода как технология высокого риска; слабый ИИ является объектом существующих норм наднационального законодательства в области интеллектуальной собственности);
- обеспечение непрерывного мониторинга деятельности систем ИИ (тестирование на соответствие, сертификация).

В апреле 2021 года Европейская комиссия опубликовала пакет мер в области ИИ, цель которых — превращение ЕС в мировой центр развития ИИ. Этот пакет мер представлен сообщением Европейской комиссии о продвижении европейского подхода к искусственному интеллекту; согласованным планом действий для государств — членов ЕС; проектом регламента об искусственном интеллекте, устанавливающим единые правила на территории ЕС (Закон об искусственном интеллекте).

Внимание уделяется и тому факту, что рамочные нормативно-правовые акты, устанавливающие общее направление развития правового регулирования в области ИИ, должны быть дополнены такими законами, как Закон о цифровых услугах, Закон о цифровых рынках, а также Закон об управлении данными, которые сформируют необходимую инфраструктуру для создания таких систем и внесут вклад в более эффективную защиту прав интеллектуальной собственности в данной сфере.

Без сомнения, этот опыт может быть перенят наднациональными организациями на постсоветском пространстве (прежде всего, в Евразийском экономическом союзе).

НЦФМ — быстрый старт

Фото: Dnk-ag.ru, Roscosmos.ru

Научная программа Национального центра физики и математики (НЦФМ) включает девять основных направлений, и по каждому уже начались работы. Академик РАН из Объединенного института ядерных исследований, сопредседатель научно-технического совета НЦФМ Борис Шарков рассказывает об этих направлениях и подробнее — об одном из самых любопытных, лабораторной астрофизике.

В НЦФМ образован научно-технический совет (НТС). Цель его работы — подготовка и мониторинг исполнения научной программы НЦФМ по девяти проектным направлениям, находящимся на передовом крае мировой науки. Это:

- исследование архитектуры суперкомпьютеров;
- математическое моделирование на супер-ЭВМ;
- газодинамика, физика взрыва;
- физика высоких плотностей энергии;
- физика частиц, космология, астрофизика, геофизика;
- ядерная, радиационная физика;
- сильные и сверхсильные магнитные поля;
- физика изотопов водорода;
- искусственный интеллект и большие данные технических и промышленных систем.

Структура НТС двухуровневая: собственно совет и секции по направлениям (экспериментальная, лабораторная астрофизика и геофизика выделены в отдельную, десятую секцию).

Моя задача как руководителя НТС состояла в том, чтобы собрать в совете и секциях выдающихся ученых, без преувеличения — интеллектуальную элиту страны. Считаю, мне это удалось: среди членов НТС — 17 академиков и членов-корреспондентов Академии наук, девять докторов наук. Сейчас в совете 26 членов, в каждой секции еще дополнительно по 10–12 человек.

Чуть меньше половины членов НТС — 12 из 26 — сотрудники Росатома (в основном из ВНИИЭФа). Также в совете присутствуют коллеги из Академии наук, МГУ, Курчатовского института, МИФИ, Нижегородского университета и других вузов, принимающих участие в этом грандиозном, благородном и амбициозном проекте. Кроме того, к работе в НТС и его секциях привлекаются выдающиеся специалисты из институтов РАН, индустрии высоких технологий.

Существенный момент: каждую секцию возглавляют двое: представители Росатома и Академии наук (или университета).

Важно, чтобы каждая секция смогла продемонстрировать существенный задел по своему направлению: наличие кадров, инфраструктуры, публикаций, конференций, диссертаций. Далее, необходима кооперация, активное сотрудничество ВНИИЭФа с организациями Академии наук, университетами и т. д. Очень важный критерий — соответствие целей и задач секции современному мировому уровню, поскольку планка притязаний НЦФМ в этом вопросе очень высока. Кроме того, должно быть очевидно, что интеграция усилий членов секции с использованием ресурсов НЦФМ решительно повлияет на успешное развитие данного направления.

Все эти темы поднимаются на конференциях по каждому из направлений. Секции начали работать очень активно, мы называем это быстрым стартом. С осени прошло уже несколько конференций, все — очень успешно.

Первой ласточкой в 2022 году стала конференция по экспериментальной лабораторной астрофизике и геофизике. Ее участники в докладах и дискуссиях подтвердили важность развития методов лабораторного моделирования для решения ключевых проблем, стоящих перед современными астрофизикой и геофизикой. Также обсуждались возможности сопоставления результатов лабораторного моделирования (именно этим мы будем заниматься на площадке НЦФМ) с данными наблюдений и экспериментов (в том числе космических), с расчетами теоретических моделей. На ближайший период (2022–2023 годы) определены четкие направления развития астрофизики и геофизики в лабораториях. Активное участие в докладах и обсуждениях приняли сотрудники Института космических исследований РАН, Физического института им. П. Н. Лебедева РАН, Института прикладной физики РАН, НИЦ «Курчатовский институт», Объединенного института высоких температур РАН, Института астрономии РАН, НИЯУ МИФИ, МГУ им. М. В. Ломоносова, ННГУ им. Н. И. Лобачевского, РФЯЦ–ВНИИЭФа, ЦНИИмаша. Таким образом, сложилась мощная кооперация ведущих институтов и университетов страны.

Активно обсуждались возможности использования имеющихся на площадке ВНИИЭФа лазерных установок и вычислительных средств ядерного центра для задач, связанных с астрофизикой и геофизикой. Для обсуждения этого вопроса в рамках конференции была организована экскурсия в Институт лазерной физики ВНИИЭФа. Ее участники осмотрели строящуюся лазерную установку, ознакомились с возможностями научно-экспериментальной и вычислительной базы ядерного центра, математическими методиками и комплексами программ для суперкомпьютерного моделирования явлений астрофизики. Важный момент: ВНИИЭФ предоставляет ряд исследовательских установок для открытого доступа экспериментаторам НЦФМ.

На меня большое впечатление произвел строящийся комплекс лазерных установок УФЛ-2М. После экскурсии стало ясно, что благодаря уникальной исследовательской

Биография эксперта

Борис Юрьевич ШАРКОВ родился в 1950 году в Москве. Окончил Московский инженерно-физический институт (МИФИ), с 1973 по 1986 год работал там инженером, старшим научным сотрудником. С 1986 по 2005 год прошел путь до директора Института теоретической и экспериментальной физики (ГНЦ РФ ИТЭФ). В 2009–2016 годах — научный директор, председатель совета директоров проекта FAIR.

В 2016 году избран академиком РАН. С 2017 по 2021 год — вице-директор ОИЯИ. В настоящее время — спецпредставитель директора ОИЯИ в международных и российских научных организациях. Сфера научных интересов: физика пучков заряженных частиц и ускорителей; термоядерная энергетика; экспериментальная физика плазмы. Автор более 200 научных работ, более 70 приглашенных докладов на международных научных конференциях.

Космические миссии

Российские аппараты не садились на Луну с 1976 года (последним был «Луна-24»). В 2018 году была обнародована российская лунная программа, рассчитанная на 2021–2040 годы. Она состоит из трех этапов. Первый (2021–2025) предполагает создание модуля окололунной станции, испытания пилотируемого корабля «Орел» и исследование спутника автоматическими межпланетными станциями серии «Луна» («Луна-25», -26, -27, -28).

«Луну-25» планировали запустить в прошлом году; пуск перенесен на июль 2022-го, аппарат находится на этапе завершения наземной экспериментальной отработки. Он состоит из двух частей: орбитальной и поверхностной (последняя в течение земного года будет исследовать поверхность Луны в районе южного полюса). «Луна-26» будет работать на круговой полярной орбите и проводить дистанционные исследования Луны, в том числе изучать космические лучи и нейтрино ультравысоких энергий, а также экзосферу и плазменное окружение спутника. Запуск аппарата не раз переносился, сейчас он назначен на 2024 год.

«Луна-27» — совместный проект Роскосмоса и Европейской космической ассоциации. Планируется создать автоматическую межпланетную станцию, орбитальная часть которой проведет дистанционные исследования и выберет подходящие площадки для спускаемых аппаратов; а посадочный аппарат будет исследовать поверхность в районе южного полюса Луны, в том числе криогенным бурением до глубины двух метров. Запуск намечен на 2025 год.

«ЭкзоМарс» (ExoMars) — совместная программа Европейского космического агентства (ЕКА) и Роскосмоса по исследованию Марса. В рамках первого этапа программы в 2016 году произведен запуск аппарата «ЭкзоМарс-2016», через семь месяцев он достиг орбиты Марса и разделился на десантный модуль «Скиапарелли» и орбитальный аппарат TGO. Первый разбился при посадке, второй находится на высокоэллиптической орбите Марса и изучает происхождение малых газовых составляющих в атмосфере планеты. Второй этап программы (проект «ЭкзоМарс-2022») предусматривает доставку на Марс российской посадочной платформы с европейским марсоходом на борту. Цели: изучение поверхности и подповерхностного слоя Марса, геологические исследования и поиск следов жизни на планете. Старт миссии запланирован на 2022 год.

инфраструктуре ВНИИЭФа в рамках работы по ряду направлений НЦФМ можно провести множество экспериментов и исследований на передовом крае современной науки.

По итогам конференции была поставлена задача: разработать предложения по созданию новых экспериментальных установок, которые будут располагаться на площадке НЦФМ и активно использоваться как для исследований, так и для обучения воспитанников центра. Вообще образовательная составляющая — одна из важнейших тем конференции: обсуждались способы привлечения магистров и аспирантов филиала МГУ в НЦФМ к работе на установках, организация работы со студентами. Ведь у секции исключительно интересная тематика: космология, исследования экзосферы Луны, атмосферы Марса — всё это темы, привлекающие молодежь.

Также все участники конференции получили домашнее задание: разработать технический облик перспективной установки с использованием мощных лазеров для моделирования астрофизических и геофизических задач. Представители всех институтов и лабораторий, входящих в секцию, должны прийти к консенсусу и решить, какую именно установку они хотят иметь на площадке НЦФМ. Подчеркну, создание такой установки — дело ближайших лет.

Все участники остались очень довольны итогами конференции, выражали искреннюю благодарность принимающей стороне — руководству РФЯЦ–ВНИИЭФ. Все действительно было организовано идеально.

В рамках работы секции мы планируем сконцентрироваться на астрофизических задачах, решаемых в лабораторных условиях. Это задачи, связанные с космическими миссиями «Луна-25», «Луна-27» и «ЭкзоМарс». Одна из задач — исследовать поверхность и атмосферу ближайших к нам планет для успеха соответствующих экспедиций. Для этого необходимо изучить состав пыли, пылевую плазму (как с поверхностей, так и в межпланетном пространстве) — это очень интересная тема, ею занимались еще выдающийся физик, академик Владимир Фортов и его ученики. Она хорошо подходит для лабораторного моделирования. Также в область наших интересов входит ряд геофизических задач, связанных с изучением пространства вокруг Земли, таких как зондирование верхних слоев атмосферы.

Астрофизика и геофизика — это целый пласт амбициозных научных задач, решение которых поможет ответить как на прикладные вопросы, так и на вызовы фундаментальной науки: понять, как создавалась Солнечная система, как образовывались и развивались экзопланеты. Я очень рад, что такие вопросы будут исследоваться у нас в НЦФМ.

Читайте в ближайшем номере журнала «Атомный эксперт»:

Цифры о науке

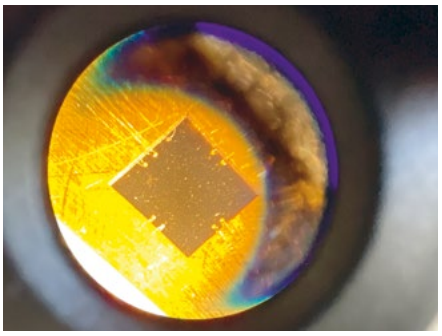
Каковы ключевые тренды развития науки в нашей стране? Как выглядят позиции России относительно других стран? Главные цифры об отечественной и мировой науке прокомментирует заместитель директора Центра статистики и мониторинга науки и инноваций Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, соавтор статистического сборника «Наука. Технологии. Инновации» Екатерина Стрельцова.

Модели энергопотребления

Сколько и какой энергии нужно обществу? Как меняется ее потребление в мире? Чем различается энергопотребление в разных государствах? Какие технологии используются для сокращения удельного энергорасхода: энергетические, маркетинговые, социальные? Кто лидирует в этой области, и каковы тенденции? Готовим подробный обзор, посвященный моделям энергопотребления.

От Дубны до Гаваны

ОИЯИ совместно с кубинскими научными центрами CEADEN и CENTIS разработал томограф, который будет полезен создания новых лекарств. Его миниатюрный размер позволит очень точно определить место накопления препарата в организме лабораторных животных. Узнаём подробности.



Алмазная точность

Начальник сектора «Алмазный детектор» ЧУ «ИТЭР-Центр» Николай Родионов расскажет о том, насколько сложно синтезировать алмаз, для чего в проекте ИТЭР нужны детекторы на основе алмазов и где такие устройства применяются уже сейчас.

«Олкилуото» в сети

В марте состоялось знаковое для Европы событие — был подключен к сети блок № 3 финской АЭС «Олкилуото». Это первый новый атомный блок в Европе за почти 15 лет и первый для Финляндии — за 40 лет. Работы по этому проекту начались еще в 2003 году. Вспоминаем историю знаменитого долгостроя.

Наподобие мозга

Начальник отдела искусственного интеллекта ЧУ «Цифрум» Денис Ларионов подготовил обзор новинок в сегменте нейроморфного «железа». Новые чипы нужны для того, чтобы точно имитировать работу человеческого мозга — наименее энергозатратной и быстрой системы обработки информации.