

**Ресурсная база мирового развития**

DOI: 10.31249/kgt/2022.02.01

## **Энергетический переход в Китае: перспективы и препятствия**

**Юрий Анатольевич МАКЕЕВ**

кандидат экономических наук, младший научный сотрудник  
Отдела экономических исследований  
Институт востоковедения РАН, 107031, ул. Рождественка, д. 12,  
Москва, Российская Федерация  
E-mail: [vau4er@rambler.ru](mailto:vau4er@rambler.ru)  
ORCID ID: 0000-0001-7117-1825

**Александр Игоревич САЛИЦКИЙ**

доктор экономических наук, главный научный сотрудник Центра проблем  
развития и модернизации  
Институт мировой экономики и международных отношений  
имени Е.М. Примакова РАН, 117997, ГСП-7, ул. Профсоюзная, д. 23,  
Москва, Российская Федерация  
E-mail: [sal.55@mail.ru](mailto:sal.55@mail.ru)  
ORCID: 0000-0001-6134-768X

**Нелли Кимовна СЕМЁНОВА**

кандидат политических наук, старший научный сотрудник  
Отдела экономических исследований  
Институт востоковедения РАН, 107031, ул. Рождественка, д. 12,  
Москва, Российская Федерация  
E-mail: [semenovanelli-2011@mail.ru](mailto:semenovanelli-2011@mail.ru)  
ORCID: 0000-0001-7872-8972

**Чжао Синь**

кандидат экономических наук, старший преподаватель Института русского языка  
Пекинский университет иностранных языков, 100089, ул. Сисаньхуань бэй, 2,  
Пекин, Китай  
E-mail: [xinxin88@mail.ru](mailto:xinxin88@mail.ru)  
ORCID: 0000-0003-2813-7810

**ЦИТИРОВАНИЕ:** Макеев Ю.А., Салицкий А.И., Семенова Н.К., Чжао Синь (2022).  
Энергетический переход в Китае: перспективы и препятствия // Контуры  
глобальных трансформаций: политика, экономика, право. Т. 15. № 2. С. 9–32.  
DOI: 10.31249/kgt/2022.02.01

Статья поступила в редакцию 25.11.2021.  
Исправленный текст представлен 16.01.2022.

**АННОТАЦИЯ.** Решение глобальных проблем изменения климата требует учета интересов всего человечества в целом, при этом национальные интересы отдельных стран должны уступать место общим целям. Устойчивое развитие лежит в основе экологической стратегии Китая, которая включает вопросы климата. Это означает, что промышленное развитие остается важной частью экологической политики; кроме того, правительство реализует гигантские проекты, меняющие природу, например массовую переброску воды из южных рек в северные регионы. Помимо этого, устойчивое развитие понимается в Китае как одно из средств сокращения бедности и имеет сложное социальное содержание.

Конверсия энергетики в Китае ускорилась в течение 12–13 пятилетних планов (2011–2020). Однако уголь остается основным источником энергии для крупнейших производственных мощностей в мире, составляя более 56 процентов от общего потребления.

Основные национальные цели теперь включают «создание прекрасного Китая», и в статье рассматриваются некоторые из текущих планов по ускорению преобразования энергетики, а также краткая история энергетического сектора Китая в текущем столетии.

Важная часть исследования посвящена анализу «зеленых» финансовых услуг, которые в современном Китае развиваются все более быстрыми темпами.

Несмотря на заманчивость, планы скорейшего реформирования и структурных изменений в энергетическом секторе наталкиваются на серьезные препятствия. К ним относятся вопросы эффективности и затрат, огромный размер энергетического сектора. Другой

набор препятствий проистекает из глубоких разногласий по климату и устойчивому развитию в целом между развитыми и развивающимися странами.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Китай, энергетический баланс, энергопереход, углеродная нейтральность, система «зеленого» финансирования.

Предотвращение серьезных климатических изменений вследствие антропогенного воздействия на природу – первая долгосрочная по-настоящему глобальная (затрагивающая все без исключения страны) проблема, с которой столкнулось мировое сообщество [Climate Change, 2021]. Решение глобальных проблем, по всей видимости, требует учета интересов всего человечества в целом, при этом национальные интересы отдельных стран должны уступать место общим целям.

Для ограничения потепления к 2100 г. на 1,5 °C выше доиндустриального базового уровня миру необходимо достичь углеродной нейтральности примерно к 2050 г. с практически нулевым использованием угля, огромным сокращением использования других ископаемых видов топлива и добиться более чем 70%-го производства электроэнергии с помощью ветра и солнца [Renewables Global Status Report, 2021]. Углеродная нейтральность означает глубокие реформы в энергетическом секторе. Назрела острая необходимость в сокращении размеров тепловой энергетики. Однако в настоящее время при выборе траектории движения к углеродной нейтральности преобладают подходы, основанные на максимальном учете интересов отдельных стран мира<sup>1</sup>. В результате нахо-

1 Yao Zhe, Wu Yunong. Carbon neutrality in China: behind the corporate hype // China Dialogue. – 2021. – April 12. – URL: <https://chinadialogue.net/en/climate/carbon-neutrality-in-china-behind-the-corporate-hype/> (дата обращения: 16.10.2021).

ждение оптимального пути к решению проблемы оказывается невозможным.

Центральное место в системе распределения ресурсов для осуществления энергоперехода и достижения углеродной нейтральности как в КНР, так и в мире в целом должно принадлежать рынку торговли правами на выбросы парниковых газов. Развитый и оптимально настроенный на достижение китайской и мировой экономической углеродной нейтральности рынок квот на выбросы парниковых газов должен подавать ценовые сигналы и тем самым направлять экономических агентов по наиболее эффективному пути к целям климатической повестки. Отсутствие глобального рынка прав на выбросы парниковых газов препятствует эффективному распределению ресурсов в рамках мировой экономики на цели устойчивого развития, включающие и сокращение антропогенного воздействия на климат. Региональные (в том числе китайский, как и европейский) рынки квот на выбросы парниковых газов в отсутствии аналогичного мирового рынка будут способствовать эффективному распределению ресурсов лишь для достижения национальных либо региональных целей устойчивого развития.

### Сценарии достижения Китаем углеродной нейтральности

Общее представление о том, каким образом Китай планирует осуществить энергопереход и достичь углеродной нейтральности, дает опубликованное в октябре 2020 г. исследование «Долгосрочные стратегии и траектории низкоуглеродного развития Китая» [Comprehensive report..., 2020]. Исследование проводилось Институ-

том изменения климата и устойчивого развития Университета Цинхуа совместно с десятками научных организаций и подразделениями различных министерств и ведомств.

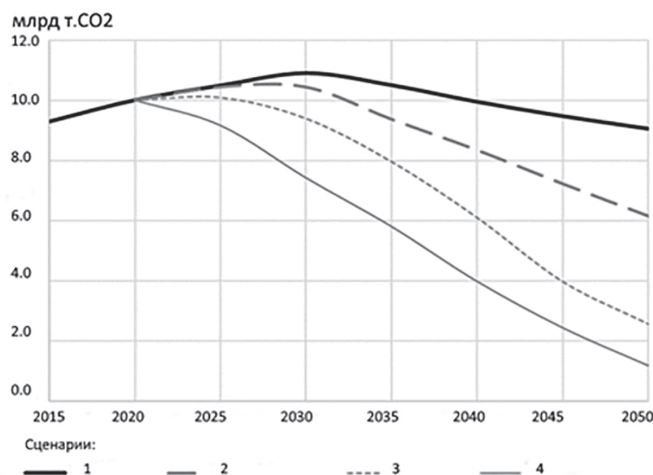
Для осуществления декарбонизации Институтом изменения климата и устойчивого развития Университета Цинхуа (ICCSД) предварительно разработаны четыре перспективных сценария (см. рис. 1).

Сценарий 1. Сохранение текущей политики в области низкоуглеродного развития: потребление первичной энергии стабилизируется к 2050 г. и составит около 6,2 млрд т у. т., а выбросы  $\text{CO}_2$  достигнут примерно 9 млрд тонн.

Сценарий 2. Ужесточение политики в области низкоуглеродного развития: общее потребление первичной энергии составит около 5,6 млрд т у. т. в 2050 г., а выбросы  $\text{CO}_2$  – около 6,2 млрд тонн;

Сценарий 3. Сценарий 2°C: сокращение выбросов в соответствии с целевыми показателями, соответствующими повышению средней глобальной температуры на 2°C к 2100 г., выбросы  $\text{CO}_2$  на душу населения не превышают 1,5 т. Потребление первичной энергии составит около 5,2 млрд т у. т. к 2050 г., выбросы  $\text{CO}_2$  в энергетической отрасли – около 2,9 млрд тонн с учетом промышленных выбросов, а также выбросов сельского и лесного хозяйства.

Сценарий 4. Сценарий 1,5°C: предложение Китая о достижении углеродной нейтральности к 2050 г. с целью ограничить потепление на 1,5°C к концу столетия; потребление первичной энергии составит около 5 млрд т у. т. в 2050 г., выбросы  $\text{CO}_2$  от потребления энергии составят около 1,4 млрд тонн [Comprehensive report..., 2020]; достижение нулевых чистых выбросов  $\text{CO}_2$  к 2050 г. и значительное сокращение эмиссии других парниковых газов.



**Рисунок 1.** Сценарии выбросов углекислого газа в КНР до 2050 г.  
**Figure 1.** Scenarios of carbon dioxide emissions in the PRC up to 2050

**Источник:** Институт изменения климата, Университет Цинхуа (КНР).

В ходе проведения исследования основной фокус был направлен на сценарий, предполагающий ужесточение текущей политики низкоуглеродного развития, и сценарий 2°C. В то же время, учитывая реалии развития китайской экономики и планы осуществления социалистической модернизации к 2035 г. (предполагающие, в частности, достижение уровня ВВП на душу населения в размере 20 тыс. долл. США), исследователи в основном придерживались сценария, совмещающего сценарий 1 и сценарий 2. В период до 2035 г. фокус исследования был смещен на сценариях 2 и 3. После предполагаемого достижения основных целей социалистической модернизации к 2035 г. наиболее вероятной траекторией движения Китая к углеродной нейтральности станет подход, предполагающий рост глобальной температуры на 2°C к концу столетия. В то же время, учитывая смещение мирового консенсуса к необходимости ограниче-

ния роста глобальной температуры на 1,5°C, значительное внимание в исследовании было уделено сценарию достижения углеродной нейтральности Китая к 2050 г.

Любой из сценариев предполагает достижение пика выброса парниковых газов к 2030 г., при этом объемы первичного потребления энергии стабилизируются в период 2030–2035 гг. Электрификация технологических процессов будет способствовать снижению потребления углеводородного сырья и увеличению доли ВИЭ в энергобалансе. В результате при стабилизации совокупного объема энергопотребления выработка электроэнергии увеличится в 1,75 раза по сравнению с 2019 г., достигнув 13,13 трлн кВт·ч (сценарий 2), совокупная установленная мощность электростанций в то же время возрастет в 2,83 раза – до 5 686 гВт. Прогнозируемый опережающий рост установленной мощности электростанций по сравнению с выработкой электроэнергии

**Таблица 1.** Прогнозные показатели электроэнергетической отрасли КНР в соответствии с различными сценариями в 2050 г.

**Table 1.** Forecast of the electricity industry of the PRC in accordance with various scenarios in 2050

|                                                                     | Сценарий<br>сохранения<br>текущей политики | Сценарий<br>ужесточения<br>текущей политики | Сценарий<br>2°C | Сценарий<br>1,5°C |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Установленная мощность<br>электростанций, млн кВт                   | 3 619                                      | 4 289                                       | 5 686           | 6 284             |
| в т.ч. Угольная генерация                                           | 773                                        | 583                                         | 123             | 32                |
| Угольная генерация с улавливанием<br>и захоронением CO <sub>2</sub> | 0                                          | 0                                           | 68              | 149               |
| Газовая генерация                                                   | 200                                        | 200                                         | 200             | 200               |
| Ядерная энергетика                                                  | 280                                        | 327                                         | 327             | 327               |
| Гидроэнергетика                                                     | 410                                        | 412                                         | 414             | 416               |
| Энергия ветра                                                       | 1 063                                      | 1 387                                       | 2 312           | 2 740             |
| Производство фотоэлектрической<br>энергии                           | 893                                        | 1 380                                       | 2 205           | 2 367             |
| Прочее                                                              | 0                                          | 2                                           | 38              | 53                |
| Выработка электроэнергии,<br>трлн кВт·ч                             | 11,38                                      | 11,91                                       | 13,13           | 14,27             |
| в т.ч. Угольная генерация                                           | 3,64                                       | 2,62                                        | 0,45            | 0,11              |
| Угольная генерация<br>с улавливанием и захоронением CO <sub>2</sub> | 0                                          | 0                                           | 0,4             | 0,79              |
| Газовая генерация                                                   | 0,34                                       | 0,37                                        | 0,39            | 0,38              |
| Ядерная энергетика                                                  | 1,97                                       | 2,38                                        | 2,35            | 2,34              |
| Гидроэнергетика                                                     | 1,44                                       | 1,48                                        | 1,47            | 1,48              |
| Энергия ветра                                                       | 2,51                                       | 3,06                                        | 4,87            | 5,75              |
| Производство фотоэлектрической<br>энергии                           | 1,48                                       | 1,98                                        | 2,96            | 3,11              |
| Прочее                                                              | 0                                          | 0,01                                        | 0,23            | 0,32              |

**Источник:** Институт изменения климата, Университет Цинхуа (КНР). – URL: <http://iccsd.tsinghua.edu.cn/reasearch/reasearch.html> (дата обращения: 16.01.2022).

объясняется сравнительно невысоким коэффициентом использования установленной мощности солнечных и ветряных электростанций (см. табл. 1).

При реализации любого из сценариев установленная мощность гидро-, ветро- и солнечной энергетики вырастет на 400 гВт к 2030 г., увеличившись до 4 931 гВт к 2050 г. (сценарий 2°C). При этом крупнейшими поставщиками электроэнергии станут станции, использующие энергию ветра: на их долю придется 37,1% всего прогнозируемого объема выработки электричества. Сценарий 2°C потребует увеличения доли установленной мощности электростанций, работающих без использования ископаемых видов топлива, до 93,1% в 2050 г. В то же время в совокупной выработке электроэнергетики доля электростанций, использующих углеводородное сырье, составит всего 9,4%. При этом тепловые электростанции будут использовать технологию захвата и последующего захоронения CO<sub>2</sub>. Одновременно будет развиваться технология улавливания и хранения CO<sub>2</sub> с помощью карбоновых ферм, лесохозяйственной деятельности и управления земельными ресурсами. В результате мощности Китая по нейтрализации углеродных выбросов с помощью различных технологий карбонового фермерства достигнут 700 млн тонн CO<sub>2</sub> в год к 2050 г.

Структура топливно-энергетического баланса Китая в результате энергоперехода кардинально изменится при относительно небольшом увеличении совокупного энергопотребления. Сценарий 2°C основывается на увеличении совокупного первичного потребления энергии на 5,3% по сравнению с 2020 г. – до 5,2 млрд тонн условного топлива в 2050 г. При этом доля неископаемых видов топлива в топливно-энергетическом балансе составит 73,3%, угля – 9,0%, нефти – 7,7%, газа –

10%. В структуре конечного потребления энергии доля электричества благодаря электрификации (замене прямого потребления ископаемого топлива на электричество), составлявшая 21,3% в 2015 г., возрастет до 30% в 2030 г. и до 70% в 2050 г. Электрификация в промышленности, как ожидается, достигнет 58,2% (сценарий 2°C) к 2050 г.

В соответствии с приведенными в исследовании прогнозами энергопереход при любых сценариях вызовет снижение себестоимости электроэнергии к 2050 г. Однако в начальный период энергоперехода в соответствии со сценариями 1,5°C и 2°C себестоимость электроэнергии достигнет пика в 2033 и 2028 гг., увеличившись в 1,41 и 1,4 раза соответственно по сравнению с 2018 г. После достижения пиковых значений, как ожидается, начнется плавное снижение себестоимости электроэнергии до уровней ниже, существовавших до начала энергоперехода. Совокупные затраты на энергию в 2050 г. при различных сценариях составят от 10,7 до 13,5 трлн юаней по сравнению с 9,1 трлн юаней в 2020 г. Однако с учетом прогнозируемого многократного роста экономики Китая к 2050 г. соотношение затрат на энергию к показателю ВВП значительно снизится.

Реализация сценария 2°C обеспечит снижение чистого выброса парниковых газов Китаем до 3,94 млрд тонн эквивалента CO<sub>2</sub> (в 3,35 раза по сравнению с 2020 г.). При этом снижение выбросов в энергетической отрасли составит 3,44 раза – до 2,92 млрд тонн CO<sub>2</sub>. Чистое поглощение (карбоновое фермерство и использование биотоплива с последующим улавливанием и захоронением углекислого газа), а также улавливание и захоронение CO<sub>2</sub> на электростанциях достигнет к 2050 г. 1,21 млрд тонн. Реализация сценария 1,5°C предполагает снижение чистой

эмиссии парниковых газов в 9,93 раза – до уровня 1,33 млрд тонн эквивалента  $\text{CO}_2$  в 2050 г.

Среди негативных последствий энергоперехода следует отметить приводимую в исследовании оценку снижения прогнозируемых темпов роста ВВП. По сравнению со сценарием продолжения текущей политики в области низкоуглеродного развития сценарий  $2^\circ\text{C}$  приведет к уменьшению ВВП на 1,4% к 2050 г., сценарий  $1,5^\circ\text{C}$  – на 4%. Следует также упомянуть прогнозируемое досрочное списание активов в угольной энергетике. В соответствии со сценарием  $1,5^\circ\text{C}$  обесценение стоимости активов в угольной энергетике начнется с 2030 г., достигнет пика на уровне около 100 млрд юаней к концу 2030-х годов и продолжится до середины 2040-х годов.

Другие команды специалистов также предвидели углеродно-нейтральное будущее для Китая. В сценарии, разработанном специалистом по моделированию энергетики Цзян Кэчжуном из Института энергетических исследований Государственного комитета по развитию и реформе (NDRC) в Пекине, пик выбросов будет достигнут уже в 2022 г. – примерно на уровне 10 Гт  $\text{CO}_2$  – с последующим резким падением до нуля к 2050 г.

Для этого производство электроэнергии удвоится – до 14 800 ТВт·ч к 2050 г. Эта мощность будет производиться в основном за счет ядерной энергии (28%), за которой последуют энергия ветра (21%), солнечная энергия (17%), гидроэнергетика (14%) и биомасса (8%). Уголь и газ составят 12% производства электроэнергии [Mallapaty, 2021].

Это означает, что ядерная мощность Китая (в настоящее время 49 ГВт) должна быть увеличена в 5 раз, до 554 ГВт к 2050 г., за счет быстрого строительства новых АЭС.

В целом очевидно, что эти исследования носят предварительный характер, и в реальности движение Китая к углеродной нейтральности будет значительно отличаться от прогнозных сценариев. Неопределенность будущих технологических решений и внедрения инноваций в энергетической отрасли не позволяет точно прогнозировать траекторию движения отдельных стран и мира в целом к углеродной нейтральности. Тем не менее подобные исследования позволяют сделать выводы о реалистичности энергоперехода и обозначают контуры будущей китайской и мировой экономики.

## Энергетическая отрасль КНР в начале перехода

Несмотря на быстрое развитие ВИЭ-генерации, энергетика КНР по-прежнему базируется на углеводородном сырье, при этом основная доля в топливно-энергетическом балансе страны принадлежит углю (имеющему наибольший углеродный след из всех ископаемых видов топлива). Поэтому для понимания сложности осуществления энергоперехода Китаем необходимо проанализировать состояние энергетической отрасли накануне ожидаемого перехода страны к низкоуглеродному развитию.

Китай является крупнейшим в мире производителем, потребителем и импортером энергии, что оказывает важное влияние на геополитическое и экономическое развитие мира, международный доступ к энергетическому рынку и изменение климата.

Энергетика является важной основой национального экономического и социального развития КНР. Начиная с периода реформ и открытости (с 1978 г.) для удовлетворения потребностей быстрого экономического и

социального развития начала формироваться относительно комплексная энергетическая система, становление которой сделало КНР крупнейшим в мире производителем и потребителем энергии, а также страной с самым быстрым повышением эффективности использования энергии.

В настоящее время в КНР сформирована система производства энергии, основанная на угле, нефти, газе, электроэнергии, ядерной энергии и возобновляемых источниках энергии (см. табл. 2).

В белой книге «Энергетическое развитие Китая в новую эпоху», опубликованной в конце 2020 г., говорится, что общее производство первичной энергии в Китае в 2019 г. достигло 3,97 млрд т у. т. и подтвердило лидерство в производстве энергии. Данные Национального бюро статистики показывают, что в 2018 г. общее производство энергии в Китае достигло 3,77 млрд т у. т., что в 160 раз больше,

чем в 1949 г., среднегодовой рост составил 7,6%; потребление энергии достигло 4,64 млрд т у. т., увеличение – в 85 раз по сравнению с 1953 г., среднегодовые темпы роста – 7,1%<sup>2</sup>. Масштабы разработки и использования возобновляемых источников энергии быстро расширяются, и совокупная установленная мощность гидроэнергетики, ветроэнергетики и фотоэлектрической энергетики занимает первое место в мире.

Согласно данным Национального энергетического управления, в 2020 г. совокупные мощности по производству энергии в Китае достигли 4,1 млрд т у. т., 195 млн тонн сырой нефти, 192 5 млрд куб. м природного газа, а общая установленная мощность производства электроэнергии – 2,2 млрд киловатт. Общая длина нефте- и газопроводов достигла 175 тыс. километров [Лю Яньян, 2021]. Все административные районы на уровне округов подключены к крупным электросетям.

**Таблица 2.** Сводные данные основных показателей энергетики КНР, 1949–2019 гг.  
**Table 2.** Summary data of the main indicators of the energy sector of the PRC, 1949–2019

|                                       | 1949 | 1978  | 2019    |
|---------------------------------------|------|-------|---------|
| Структура экономики, %:               |      |       |         |
| первичная сфера                       | 68   | 27,9  | 7,1     |
| вторичная сфера                       | 13   | 47,9  | 39      |
| третичная сфера                       | 19   | 24,2  | 53,9    |
| Извлекаемые запасы:                   |      |       |         |
| уголь, 100 млн т                      | 3    | 87    | 2 704   |
| нефть, 100 млн т                      | 0,3  | 10    | 36      |
| природный газ, трлн м <sup>3</sup>    | 0,01 | 0,23  | 8,4     |
| Производство:                         |      |       |         |
| уголь, млн т                          | 32,4 | 618   | 3 940   |
| нефть, млн т                          | 0,12 | 104,1 | 191     |
| природный газ, 100 млн м <sup>3</sup> | 0,1  | 137,3 | 1 761,7 |

<sup>2</sup> Чжан Цзяньминь. 70 славных лет: Энергетика стала важным двигателем экономического роста = 张建民. 辉煌70年：能源成为经济增长重要引擎 // Xinhua. – 2019. – 29 сентября. – URL: [http://www.xinhuanet.com/energy/2019-09/26/c\\_1125041696.htm](http://www.xinhuanet.com/energy/2019-09/26/c_1125041696.htm) (дата обращения: 18.10.2021) (на китайском языке).

|                                                              | 1949      | 1978       | 2019        |
|--------------------------------------------------------------|-----------|------------|-------------|
| электроэнергия, ТВт·ч                                        | 43,1      | 2 565,5    | 75 034,3    |
| сталь, млн т                                                 | 0,16      | 31,8       | 996,3       |
| цемент, млн т                                                | 0,66      | 65,2       | 2 350       |
| Импорт /экспорт:                                             |           |            |             |
| уголь, млн т                                                 | 0,04/1,96 | 2,44/3,12  | 299,7/6,03  |
| сырая нефть, млн т                                           | 0,14/-    | 0,37/13,31 | 505,72/0,88 |
| природный газ, 100 млн м <sup>3</sup>                        | -/-       | -/-        | 1 323/34,8  |
| Потребление первичной энергии, млн т у. т.                   | 26        | 571,4      | 4 860       |
| Структура потребления, %:                                    |           |            |             |
| уголь                                                        | 96,3      | 70,7       | 57,7        |
| нефть                                                        | 3,7       | 22,7       | 19,6        |
| природный газ                                                | -         | 3,2        | 8,3         |
| атомная энергетика,<br>ветроэнергетика<br>гидроэнергетика    | -         | 3,4        | 14,4        |
| Энергопотребление на душу населения, кг у. т.                | 48        | 594        | 3 471       |
| Потребление электроэнергии на душу населения, кВт·ч          | 8         | 218        | 5 157       |
| Потребление бытового эл-ва на душу населения, кВт·ч          | <1        | 14         | 732         |
| Расход угля на выработку тепловой энергии, гут/ кВт·ч        | 1 000     | 434        | 289         |
| Выбросы диоксида серы (SO <sub>2</sub> ), млн т              | 0,1       | 1,1        | 14,41       |
| Выбросы углекислого газа (CO <sub>2</sub> ), млн т           | 70        | 1 400      | 8 890       |
| Загрязнение атмосферного воздуха (PM2,5), мкг/м <sup>3</sup> | -         | -          | 36          |

**Источник:** Национальное бюро статистики КНР. – URL: [http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202001/t20200117\\_1723395.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202001/t20200117_1723395.html) (дата обращения: 16.01.2022).

Структурная перестройка и модернизация в КНР способствовали трансформации энергопотребления. При общей тенденции снижения доли угля доля нефти в энергобалансе увеличилась в 5,3 раза: с 3,7% в 1949 г. до 19,10% в 2019 г. Природный газ (8,3% в 2019 г.), а также атомная энергетика, гидроэнергетика и энергия ветра (14,4% в 2019 г.), не представленные в показателях 1949 г., существенно диверсифицировали современный энергобаланс КНР [Лю Яньян, 2021].

Структура производства и потребления энергии в КНР продолжает оптимизироваться (см. табл. 3). В настоящее время доля угля в общем энергопотреблении страны в целом демонстрирует тенденцию к снижению. Данные показывают, что в 2019 г. потребление угля в Китае на 10,8 процентных пункта

меньше, чем в 2012 г.; потребление природного газа, гидроэнергии, атомной энергии, энергии ветра и другой чистой энергии составило 23,4% от общего потребления энергии, что на 8,9 процентных пункта больше, чем в 2012 г. Развитие зеленой энергетики сыграло важную роль в снижении интенсивности выбросов углерода: в 2019 г. этот показатель снизился на 48,1% по сравнению с 2005 г. [Лю Яньян, 2021].

Впечатляют выдающиеся результаты программы энергосбережения в Китае. Исходя из цен 2018 г., потребление энергии на 10 тыс. юаней ВВП снизилось с 910 кг у. т. в 1953 г. до 520 кг у. т. в 2018 г. (на 43%). С 1995 по 2015 г. на энергосбережение Китая приходилось 52% общемирового объема, а с 2016 по 2019 г. он сэкономил 652 млн тонн энергии, что превысило увеличение потребления

**Таблица 3.** Структура производства и потребления энергии в КНР, 1978–2019 гг.  
**Table 3.** The structure of energy production and consumption in the PRC 1978–2019

|                                              | 1978 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2019 |
|----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Производство первичной энергии, млрд т у. т. | 0,63 | 0,64 | 0,86 | 1,04 | 1,29 | 1,39 | 2,29 | 3,12 | 3,62 | 3,97 |
| Доля в производстве первичной энергии, %:    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| уголь                                        | 70,3 | 69,4 | 72,8 | 74,2 | 75,3 | 72,9 | 77,4 | 76,2 | 72,2 | 68,6 |
| нефть                                        | 23,7 | 23,8 | 20,9 | 19,0 | 16,6 | 16,8 | 11,3 | 9,3  | 8,5  | 6,9  |
| природный газ                                | 2,9  | 3,0  | 2,0  | 2,0  | 1,9  | 2,6  | 2,9  | 4,1  | 4,8  | 5,7  |
| электричество и др.                          | 3,1  | 3,8  | 4,3  | 4,8  | 6,2  | 7,7  | 8,4  | 10,4 | 14,5 | 18,8 |
| Потребление первичной энергии, млрд т у. т.  | 0,57 | 0,60 | 0,77 | 0,99 | 1,31 | 1,47 | 2,61 | 3,60 | 4,34 | 4,87 |
| Доля в потреблении первичной энергии, %:     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| уголь                                        | 70,7 | 72,2 | 75,8 | 76,2 | 74,6 | 68,5 | 72,4 | 69,2 | 63,8 | 57,7 |
| нефть                                        | 22,7 | 20,7 | 17,1 | 16,6 | 17,5 | 22,0 | 17,8 | 17,4 | 18,4 | 18,9 |
| природный газ                                | 3,2  | 3,1  | 2,2  | 2,1  | 1,8  | 2,2  | 2,4  | 4,0  | 5,8  | 8,1  |
| электричество и др.                          | 3,4  | 4,0  | 4,9  | 5,1  | 6,1  | 7,3  | 7,4  | 9,4  | 12,0 | 15,5 |

**Источник:** Национальное бюро статистики КНР. – URL: [http://www.stats.gov.cn/ztcj/ztfx/ggkf40n/201809/t20180911\\_1622051.html](http://www.stats.gov.cn/ztcj/ztfx/ggkf40n/201809/t20180911_1622051.html) (дата обращения: 16.01.2022).

первичной энергии на 502 млн тонн [Развитие энергетики..., 2019].

Китай – одна из немногих стран в мире, чьим основным источником энергии является уголь. В первые дни создания Нового Китая на долю угля приходилось около 97,3% общего энергопотребления страны (см. табл. 2), в 2019 г. – 57,7% (Соединенные Штаты – 12,0%, Европейский союз – 13,2%, среднемировое значение – 27,0%). При этом потребление угля все еще чрезвычайно велико. Согласно официальной статистике, оно достигло объема 3,94 млрд тонн в 2019 г., что составляет 53,8% мирового потребления. Имеются данные, что фактическое потребление в этот период составило 4,34 млрд тонн, включая 100 млн тонн продаж малых шахт, не попадающих в статистику, и 300 млн тонн незаконного производства и продаж, не подлежащих учету [Ван Цинъи, 2020].

В 1949 г. добыча угля составляла 32,4 млн тонн, а в 2019 г. она превысила 3,9 млрд тонн, увеличившись более чем в 120 раз (см. табл. 4).

КНР является одной из стран с наибольшей зависимостью от угля в плане экономического и социального развития. В 2018 г. потребление угля на единицу ВВП в 3,2 раза превысило среднемировой показатель. Соотношение, впрочем, снизится, если считать ВВП по паритету покупательной способности.

При том, что на Китай приходится почти половина мировой добычи угля и он является крупнейшим импортером угля (300 млн тонн в 2019 г.), страна сталкивается с серьезным вызовом ограниченности ресурсов. 90% запасов угля в Китае сосредоточено в районах с неустойчивой экологической обстановкой, плохими условиями добычи и высокими производственными затратами. В 2018 г. средняя глубина разработки шахты достигла 510 м при максимальной глубине 1 450 м.

Угольная энергетика является основным источником загрязнения окружающей среды: на ее долю приходится 70% выбросов углекислого газа. В 2015 г. доля сжигания угля в выборо-

**Таблица 4.** Основные показатели угольной промышленности КНР, 1949–2019 гг.  
**Table 4.** Main indicators of the coal industry of the PRC, 1949–2019

|                                                          | 1949        | 1978         | 2019           |
|----------------------------------------------------------|-------------|--------------|----------------|
| Извлекаемые запасы угля, млрд т                          | 3           | 87           | 270,4          |
| Добыча сырого угля, млрд т                               | 0,032       | 0,618        | 3,940          |
| Добыча угля в КНР, место в мире                          | 9           | 3            | 1              |
| Средняя мощность угольной шахты, млрд т                  | 0,03        | 5,8          | 54,4           |
| Коэффициент использования, %                             | 0,003       | 16,7         | 73,2           |
| Количество угольных шахт, тыс.                           | 20          | 80           | 5,4            |
| Импорт/экспорт необработанного угля, млн т               | 0,04/1,96   | 2,44/3,12    | 299,70/6,03    |
| Потребление угля, млн т на производство электроэнергии   | 34<br>9     | 56,6<br>11,3 | 3 939<br>1 881 |
| Доля КНР в мировом потреблении угля, %                   | 6,5         | 16,8         | 53,8           |
| Доля угля в потреблении первичной энергии, %             | 96,3        | 70,7         | 57,7           |
| Численность занятых в угольной промышленности, тыс. чел. | 700         | 4 400        | 3 500          |
| Эффективность добычи необработанного угля, т/чел./год    | ручной труд | 140          | 1 210          |
| Число погибших в результате несчастных случаев, чел.     | 731         | 6 001        | 316            |
| Коэффициент смертности от несчастных случаев, чел./млн т | 22,541      | 9,713        | 0,082          |
| Потребление угля для выработки электроэнергии, г/кВт·ч   | 1 000       | 434          | 239            |
| Выбросы CO <sub>2</sub> при сжигании угля, млн т         | 87          | 1 445        | 7 496          |
| Бытовое потребление угля, млн т                          | >10         | 101          | 295            |

**Источник:** Национальное бюро статистики КНР. – URL: <http://www.stats.gov.cn> (дата обращения: 16.01.2022); Китайская ассоциация угольной промышленности. – URL: <http://www.coalchina.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=12> (дата обращения: 16.01.2022); Министерство природных ресурсов КНР. – URL: <http://www.gov.cn/xinwen/index.htm> (дата обращения: 16.01.2022); Китайская ассоциация предприятий электроэнергетики. – URL: <https://www.cec.org.cn/menu/index.html?173> (дата обращения: 16.01.2022) (данные округлены).

сах PM<sub>2,5</sub> и SO<sub>2</sub> в стране достигла 62 и 80% соответственно.

В этой связи перед страной стоит серьезная задача сокращения выбросов углерода.

Президент Си Цзиньпин использовал свои последние два обращения к Генеральной Ассамблее Организации Объединенных Наций, чтобы сделать два важных обещания. В сентябре 2020 г. он объявил, что к 2060 г. Китай станет углеродно-нейтральным;

а в сентябре 2021 г. заявил, что Китай прекратит финансирование угольной энергетики за рубежом [Geal, 2021].

Декарбонизация сталкивается с многочисленными препятствиями и является чрезвычайно сложным процессом. Причина в том, что уголь – самый дешевый и легкодоступный источник энергии в КНР и является основной отраслью промышленности во многих округах, где на отрасль приходится более чем 60% налоговых поступлений. В связи с этим

местные органы власти не способствуют сокращению потребления угля. Система в подавляющем большинстве поддерживает угольную генерацию, отчасти и потому, что она не страдает от изменчивости ветровой и солнечной энергии. Неопределенность с доступом на рынок уже замедлила инвестиции в возобновляемые источники энергии. Учитывая силу таких интересов, необходимые реформы потребуют значительной политической воли [Normile, 2020].

Стоимость сокращения добычи угля очень высока: уменьшение добычи на 100 млн тонн влечет за собой увольнение 250 тыс. рабочих и субсидии в размере 20 млрд юаней.

В энергетическом секторе, крупнейшем потребителе угля, стоимость электроэнергии из угля в 2019 г. составляла всего 0,25–0,30 юаня/кВт·ч, а выработка электроэнергии на природном газе была в 2–3 раза дороже.

В 2019 г. с точки зрения теплотворной способности рыночная цена угля для производства электроэнергии составляла 14% от розничной цены бензина и 42% – природного газа.

Рыночная реформа угольной промышленности Китая серьезно отстает из-за чрезмерного административного

вмешательства, противоречивости интересов правительства, местных властей и предприятий, низкой эффективности и коррупции.

При оценке ископаемых энергетических ресурсов КНР (см. табл. 5) очевидно, что уровень добычи нефти и газа не соответствуют растущим потребностям экономики страны. К тому же распределение ресурсов крайне неравномерно, условия добычи плохие, а ее себестоимость высока. Две трети угольных запасов сосредоточены на севере и северо-западе Китая, 60% извлекаемых запасов нефти сосредоточены на северо-западе и северо-востоке страны, 65% извлекаемых запасов природного газа сосредоточены на северо-западе и юго-западе Китая, а 80% экономически освоенных гидроэнергетических ресурсов сосредоточены на юго-западе и в центральном Китае. Обратная схема спроса и предложения энергии сформировала большое количество схем транспортировки угля с севера на юг, транспортировки газа и электроэнергии с запада на восток, которые оказывают большое влияние на строительство транспортной инфраструктуры, энергетические рынки и региональное экономическое развитие.

**Таблица 5.** Ресурсы и запасы ископаемого топлива в Китае, 2020 г.  
**Table 5.** Resources and reserves of fossil fuels in China, 2020

|                                 | Геологические ресурсы | Доказанные запасы | Технически извлекаемые запасы |
|---------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|
| Уголь, млрд т                   | 3 879,6               | 1 770             | 270,4                         |
| Нефть, млрд т                   | 125,7                 | 30,1              | 3,6                           |
| Нефтеносные пески, млрд т       | 6,0                   | 2,3               | -                             |
| Сланцевая нефть, млрд т         | -                     | 243,2             | 12                            |
| Природный газ, трлн м³          | 90,00                 | 16,84             | 8,40                          |
| Метан угольных пластов, млрд м³ | 30 000                | 605,9*            | 313,5*                        |
| Сланцевый газ, трлн м³          | 122                   | -                 | 22*                           |

\* – данные на начало 2019 г.

**Источник:** Министерство природных ресурсов КНР. – URL: <http://www.gov.cn/xinwen/index.htm> (дата обращения: 16.01.2022).

Нефтяные месторождения Китая невелики и разбросаны по территории, с плохими условиями добычи и высокими производственными затратами. Среднесуточная добыча одной скважины на нефтяных месторождениях Китая составляет всего 2 т (на Ближнем Востоке она достигает 685 т). 80% новых запасов составляют низкопроницаемые и сверхнизкопроницаемые трудноизвлекаемые коллекторы. Поэтому стоимость добычи нефти очень высока, в среднем 550 долл. за баррель в 2018 г. На начало 2020 г. извлекаемые запасы нефти в Китае составляли 3,6 млрд тонн (см. табл. 5). В 2018 г. стоимость добычи на внутреннем рынке составляла 50 долл. за баррель, что в 10 раз выше, чем на Ближнем Востоке. В 2019 г. зависимость Китая от импорта сырой нефти составляла 72,5%.

В 2020 г. добыча сырой нефти в Китае достигла 195 млн тонн, увеличившись на 1,6% по сравнению с 2019 г. Но в то же время импорт сырой нефти также достиг нового максимума – 542 млн тонн (+7,3% к 2019 г.)<sup>3</sup>.

Большинство месторождений природного газа в Китае являются малыми и средними, со сложными геологическими структурами, высокой сложностью добычи и высокой стоимостью. В 2016 г. рыночная цена природного газа в трубопроводах Китая была в 3,5 раза выше, чем в США. На начало 2020 г. извлекаемые запасы природного газа в Китае составляли 8,4 трлн м<sup>3</sup> (см. табл. 5).

Доказанные запасы метана угольных пластов в КНР на начало 2020 г. составили 605,9 млрд м<sup>3</sup>, извлекаемые запасы – 313,5 млрд м<sup>3</sup>, на начало 2019 г. объем добычи составил 19,9 млрд м<sup>3</sup> [Метан..., 2018].

Китай обладает крупнейшими извлекаемыми ресурсами сланцевого газа в мире, достигающими 22 трлн м<sup>3</sup>. Но месторождения сланцевого газа в Китае имеют большую глубину залегания (до 4 000 м) со сложным геологическим строением. Новые технологии, разработанные в КНР в последнее время, позволили снизить стоимость добычи сланцевого газа. Объем производства в 2019 г. составил 15 млрд м<sup>3</sup>.

Динамика развития электроэнергетики в Китае после 1978 г. обеспечила надежную энергетическую гарантию быстрого развития экономики страны. Потребление электроэнергии с 1949 г. выросло более чем в 2 000 раз, потребление электричества на душу населения – в 645 раз, установленная электрическая мощность увеличилась более чем в 1 000 раз, длина линий электропередач увеличена более чем в 300 раз, а уровни напряжения – в 5 раз (см. табл. 6).

По состоянию на конец 2020 г. установленная мощность производства электроэнергии по стране составила 2 200,58 млн кВт, что на 9,5% больше, чем на конец предыдущего года. Установленная мощность в тепловой энергетике составляет 1 245,7 млн кВт (+4,7% к 2019 г.), установленная мощность гидроэнергетики – 370,16 млн кВт (+3,4% к 2019 г.), ядерной энергетики – 49,89 млн кВт (+2,4% к 2019 г.), энергии ветра – 281,53 млн кВт (+34,6% к 2019 г.), установленная мощность солнечной энергетики составила 253,43 млн кВт, увеличившись на 24,1% к 2019 г. [Статистическое коммунике..., 2021].

По данным Национального управления энергетики Китая, по состоянию на апрель число действующих ядерных энергоблоков на материковой части Ки-

3 Где Китай будет добывать больше всего нефти в 2020 году? Последний выпуск топ-10 провинций и городов с добычей нефти = 2020年中国哪里产石油最多?石油产量10强省市最新出炉 // Petroleum Link. – 2021. – March 3. – URL: <https://www.jiemian.com/article/5766769.html> (дата обращения: 10.10.2021).

**Таблица 6.** Основные показатели электроэнергетики КНР, 1949–2019 гг.  
**Table 6.** Main indicators of the power industry of the PRC, 1949–2019

|                                                              | 1949  | 1978   | 2019     |
|--------------------------------------------------------------|-------|--------|----------|
| Установленная мощность выработки электроэнергии, млн кВт;    | 1,85  | 57,12  | 2 010,66 |
| в т.ч.: Гидроэнергетика                                      | 0,16  | 17,28  | 356,40   |
| Тепловая мощность                                            | 1,68  | 39,84  | 1 190,55 |
| Ядерная энергетика                                           | -     | -      | 48,70    |
| Энергия ветра                                                | -     | -      | 210,05   |
| Производство фотоэлектрической энергии                       | -     | -      | 204,68   |
| Выработка электроэнергии/млрд кВт·ч;                         | 4,31  | 256,55 | 7 503,4  |
| в т.ч.: Гидроэнергетика                                      | 0,70  | 44,6   | 1 300,4  |
| Тепловая мощность                                            | 3,61  | 211,95 | 5 220,2  |
| Ядерная энергетика                                           | -     | -      | 348,4    |
| Энергия ветра                                                | -     | -      | 405,7    |
| Производство фотоэлектрической энергии                       | -     | -      | 223,8    |
| Производство электроэнергии в КНР, место в мире              | 25    | 7      | 1        |
| Потребление электроэнергии, млрд кВт·ч                       | 3,46  | 249,8  | 7 225,5  |
| Потребление электроэнергии на душу населения, кВт·ч          | 8     | 218    | 5 157    |
| Потребление бытового электричества на душу населения, кВт·ч  | <1    | 6      | 734      |
| Доля населения, не имеющего электричества, %                 | 90    | 47     | 0        |
| Длина линий электропередачи, тыс. км                         | 2,5   | 236,5  | 754,8    |
| Самый высокий уровень напряжения электросети, кВт            | 220   | 500    | 1 100    |
| Потребление угля для выработки электроэнергии, г у. э./кВт·ч | 1 000 | 471    | 289      |

**Источник:** Национальное бюро статистики КНР – URL: [http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202001/t20200117\\_1723395.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202001/t20200117_1723395.html) (дата обращения: 16.01.2022); Китайская федерация предприятий электроэнергетики. – URL: <https://www.cec.org.cn/> (дата обращения: 16.01.2022).

тая достигло 49 (третье место в мире). В Китае также имеется 19 атомных энергоблоков, утвержденных для строительства или находящихся в стадии строительства. Несмотря на то, что на долю ядерной энергии приходится всего 2% установленной мощности Китая, в 2020 г. АЭС вырабатывали около 5% электроэнергии в Китае, что свидетельствует об их сравнительном преимуществе перед ветровой и солнечной энергией.

Развитие возобновляемых источников энергии [Salitskii, Chesnokova, Shakhmatov, 2014] демонстрируют крупномасштабные преобразования в энергетической сфере КНР (см. табл. 7).

На конец 2020 г. общая установленная мощность Китая по производству электроэнергии из возобновляемых источников достигла 930 млн кВт, что составляет 42,4% от общей установленной мощности; в 2020 г. производство электроэнергии из возобновляемых источников энергии достигло 2,2 трлн кВт·ч, что составляет 29,5% потребления электроэнергии в целом<sup>4</sup>. В рейтинге по установленной мощности возобновляемых источников энергии, масштабам развития и использования возобновляемых источников энергии Китай занимает первое место в мире.

4 Юй Сяо. В 2020 году мощность производства возобновляемой энергии в Китае достигнет 2,2 трлн кВт·ч = 于晓. 2020 年中国可再生能源发电量达到2.2万亿千瓦时 // China News Network. – 2021. – 3 марта. – URL: <https://www.chinanews.com/cj/2021/03-30/9443384.shtml> (дата обращения: 19.10.2021).

**Таблица 7.** Развитие и использование возобновляемых источников энергии в Китае 2000–2019 гг.

**Table 7.** Development and use of renewable energy sources in China, 2000–2019

|                                                  | 2000  | 2005  | 2010  | 2015    | 2019    |
|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|---------|---------|
| Гидроэнергетика (мощность), гВт                  | 79,4  | 117,4 | 213,4 | 332,1   | 356,4   |
| (количество электроэнергии), ТВт·ч               | 243,1 | 387,0 | 722,2 | 1 112,4 | 1304,4  |
| млн т у. т.                                      | 88,2  | 136,2 | 225,3 | 335,6   | 377,0   |
| в т.ч.: малая гидроэнергетика, ГВт               | 24,8  | 38,5  | 59,0  | 75,0    | 81,4    |
| ТВт·ч                                            | 80,0  | 120,9 | 202,3 | 240,0   | 253,3   |
| млн т у. т.                                      | 20,0  | 41,5  | 63,1  | 71,5    | 73,2    |
| Солнечная энергия, млн т у. т.                   | 3,1   | 9,6   | 22,6  | 64,6    | 121,4   |
| Производство фотоэлектрической энергии, млн кВт  | 0,018 | 0,070 | 1,220 | 43,180  | 204,300 |
| млрд кВт·ч                                       | 0,019 | 0,074 | 1,29  | 3,92    | 22,43   |
| млн т у. т.                                      | 0,01  | 0,03  | 0,40  | 11,64   | 64,8    |
| Солнечные водонагреватели, млн м²                | 26    | 80    | 185   | 442     | 472,4   |
| млн т у. т.                                      | 3,1   | 9,6   | 22,2  | 53,0    | 56,6    |
| Выработка энергии ветра, ГВт                     | 0,34  | 1,22  | 44,78 | 145,4   | 210,1   |
| ТВт·ч                                            | 0,5   | 2,0   | 72,2  | 251,2   | 357,7   |
| млн т у. т.                                      | 0,2   | 0,7   | 22,5  | 74,9    | 103,4   |
| Биогаз, млрд м³                                  | 2,3   | 8,6   | 14,5  | 16,8    | 19,8    |
| млн т у. т.                                      | 1,6   | 6,1   | 10,4  | 12,0    | 14,1    |
| Производство энергии из биомассы и отходов, ГВт  | 0,8   | 2,0   | 6,7   | 16,0    | 23,7    |
| ТВт·ч                                            | 3,5   | 8,7   | 29,0  | 68,9    | 111,1   |
| млн т у. т. т. э.                                | 1,3   | 3,0   | 9,0   | 20,4    | 32,1    |
| Использование геотермальной энергии, млн т у. т. | 0,7   | 1,2   | 6,7   | 24,1    | 63,8    |
| Итого, млн т у. т.                               | 86,3  | 197,8 | 284,3 | 491,1   | 711,8   |

**Источники:** Национальное бюро статистики КНР – URL: <http://www.stats.gov.cn> (дата обращения: 16.01.2022); Ежегодник статистики энергетики Китая за 2019 г. – URL: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm> (дата обращения: 16.01.2022); Национальное управление энергетики КНР – URL: <http://www.nea.gov.cn/> (дата обращения: 16.01.2022); Министерство водных ресурсов КНР – URL: <http://www.mwr.gov.cn/xw/> (дата обращения: 16.01.2022); Министерство сельского хозяйства КНР – URL: <http://www.moa.gov.cn/gk/> (дата обращения: 16.01.2022); Министерство природных ресурсов КНР – URL: <http://www.gov.cn/fuwu/bm/zrzyb/index.htm> (дата обращения: 16.01.2022); Китайская ассоциация ветроэнергетики. – URL: [http://www.cwea.org.cn/news\\_lastest.html](http://www.cwea.org.cn/news_lastest.html) (дата обращения: 16.01.2022); Национальный центр геотермальной энергии. – URL: <http://kns8.zh.east-view.com/kcms/detail/knetsearch.aspx?sfid=in&skey=国家地热能开发利用研究及应用技术推广中心&code=0756065> (дата обращения: 16.01.2022).

## Формирование рынка торговли квотами и выбросы парниковых газов в Китае

Эффективное функционирование системы зеленого финансирования невозможно без отлаженной работы рынка квот на выбросы углекислого газа. Ценовые сигналы, исходящие от рын-

ка квот на выбросы углекислого газа, стимулируют экономических агентов к внедрению и развитию технологических инноваций. Рыночные сигналы также заставляют покидать рынок предприятия, использующих связанные с повышенными выбросами CO<sub>2</sub> технологии и не способные адаптироваться к новым равновесным рыночным уровням. Таким образом, распре-

деление ресурсов для поступательного движения экономики к достижению углеродной нейтральности, ведомое ежегодно административно понижаемыми доступными квотами и рыночными механизмами, происходит оптимальным образом.

Принятый в 2011 г. Госсоветом КНР «Рабочий план по контролю за выбросами парниковых газов в период действия 12-го пятилетнего плана» дал старт началу эксперимента по торговле углеродными квотами на региональном уровне. В 2013–2016 гг. были запущены 8 пилотных проектов по торговле углеродными квотами: в Гуандуне, Хэбэе, Фуцзяни, Пекине, Тяньзине, Чунцине, Шанхае и Шэньчжэне. Условия функционирования региональных рынков квот на выбросы парниковых газов были во многом схожи. При этом имелись и значительные отличия, например в отраслевом охвате, принципах распределения квот, порядке использования высвобожденных квот, механизмах предотвращения чрезмерных ценовых колебаний. Основываясь на полученном в ходе функционирования пилотных региональных проектов по торговле эмиссионными квотами опыте, Китай приступил к формированию национального рынка квот на выбросы парниковых газов. В декабре 2017 г. Государственный комитет по развитию и реформам КНР опубликовал «План по формированию национального рынка торговли квотами на выбросы углекислого газа (в электроэнергетической отрасли)». После длительного подготовительного периода 16 июля 2021 г. в КНР был запущен общенациональный рынок квот на выбросы углекислого газа. Участниками рынка стали 2 225 ключевых предприятий – эмитентов парниковых газов из электроэнергетической отрасли (угольные и газовые электростанции), среднегодовой выброс каждого из которых эквивалентен или пре-

вышает 26 тыс. тонн  $\text{CO}_2$ . Совокупный объем охваченных национальной системой торговли углеродными квотами выбросов достиг 4 млрд тонн  $\text{CO}_2$  в год (около 40% выбросов парниковых газов Китая). Таким образом, по объему охваченных торговлей выбросов (около 12% от совокупной эмиссии парниковых газов в мире) китайская национальная система перераспределения углеводородных квот стала крупнейшей в мире.

Несмотря на большой опыт, полученный в ходе работы пилотных проектов по торговле углеродными квотами, и длительный подготовительный период, Китай не спешит с созданием полноценного национального рынка эмиссионных квот. В первой фазе схемы по торговле правами на выбросы парниковых газов распределение квот происходило на безвозмездной основе. В дальнейшем, как ожидается, часть квот будет распределяться с использованием аукционной схемы. Базой для распределения квот послужило отнесение электростанций к той или иной категории по интенсивности выбросов. Угольные электростанции были разбиты по трем категориям: для традиционных мощностью свыше 300 мВт расчетная величина выбросов была определена на уровне 0,877 тонны  $\text{CO}_2$  на мВт/ч; для традиционных мощностью менее 300 мВт – 0,979 тонны  $\text{CO}_2$  на мВт/ч; для нетрадиционных угольных станций (использующих в качестве топлива смесь, включающую угольные остатки и биотопливо) – 1,146 тонны  $\text{CO}_2$  на мВт/ч. Для всех газовых электростанций расчетная величина выбросов была установлена на уровне 0,392 тонны  $\text{CO}_2$  на мВт/час. В дальнейшем при определении окончательной квоты использовались поправочные коэффициенты, учитывающие уровень загрузки станций, наличие или отсутствие теплофикационных функций, способ охлаждения станций.

Пока общенациональная система торговли квотами на выбросы парниковых газов находится на начальном этапе развития и, скорее, выполняет обучающую роль для участников рынка.

Первые два месяца торгов в национальной торговой системе выбросами парниковых газов характеризовались невысокими объемами торгов и постепенным снижением котировок. По сравнению с первым днем торгов 16 июля 2021 г. стоимость квоты к закрытию торгов 17 сентября снизилась на 16,2% – до 43,43 юаней за тонну (6,72 долл. за тонну). Таким образом, в отмеченный период происходило постепенное сближение котировок в национальной системе торгов с котировками на региональных рынках по торговле углеродными квотами. Объем торгов за неделю с 13 по 17 сентября составил всего 32 тыс. тонн (в первую полную неделю торгов с 19 по 23 июля объем был эквивалентен 729 тыс. тонн CO<sub>2</sub>). Следует отметить, что объемы торгов на региональных рынках пока многократно превышают объемы перераспределения квот на общенациональном уровне<sup>5</sup>. В европейской торговой системе стоимость разрешений на выбросы парниковых газов составила в то же время около 61 долл.

Итоги первых месяцев торгов свидетельствуют о невысоком спросе на дополнительные углеродные квоты со стороны китайских предприятий электроэнергетической отрасли. Мягкий характер санкций для электростанций, превысивших установленную квоту, не способствует росту спроса на перераспределение углеродных квот. В соответствии с установленными китайскими регуляторами правилами уголь-

ная станция, превысившая имеющуюся квоту, должна купить на рынке лишь 20% от объема превышения. Требование к покупке дополнительных объемов разрешений на выбросы для превысивших квоты газовых станций при этом не установлено. По всей видимости, пока национальная система торговли углеродными квотами находится в стадии настройки и уже в скором времени можно ожидать некоторого ужесточения экономического наказания для агентов, превысивших квоты. В результате объемы рыночного перераспределения квот начнут увеличиваться.

По мере развития рынка торговли на выбросы парниковых газов следует ожидать ужесточения «наказания» за превышения установленных квот и введения обязанности компенсации покупками 100% от объема превышения для всех электростанций. Как ожидается, в будущем квоты на выбросы парниковых газов охватят еще 7 отраслей: нефтехимическую, химическую, авиационную, целлюлозно-бумажную, производство строительных материалов, черную и цветную металлургии. Неизбежным также представляется в отдаленной перспективе установление ежегодного совокупного предельного объема выбросов парниковых газов, доступного для участников национальной системы торговли выбросами. При этом, как и в европейской системе торговли правами на выбросы парниковых газов, совокупный объем доступных квот ежегодно будет сокращаться. Постепенно платное предоставление квот на основе аукционной схемы должно охватить значительную часть совокупного объема доступных квот. С нача-

5 China emissions price up 10pc in first week of trading // Argus Media group. – 2021. – July 23. – URL: <https://www.argusmedia.com/en/news/2237140-china-emissions-price-up-10pc-in-first-week-of-trading> (дата обращения: 10.10.2021).

лом третьей фазы развития европейского рынка торговли квотами на выбросы парниковых газов около 57% объема совокупной квоты распределяется через аукционы. Общий объем поступлений от продажи прав на выбросы в период с 2013 г. по июнь 2020 г. превысил 57 млрд евро (при этом только за первое полугодие 2020 г. поступления составили 7,9 млрд евро)<sup>6</sup>. В Китае, так же как и в Европейском союзе, большая часть поступлений от аукционной продажи квот может быть направлена на проекты, связанные с климатической повесткой. Ужесточение требований к участникам торговли квотами на выбросы парниковых газов вместе с введением аукционной схемы распределения квот неизбежно приведут к значительному росту котировок прав на эмиссию CO<sub>2</sub> на китайском рынке. Возрастающая стоимость выбросов парниковых газов наряду с административными регулятивными мерами будет стимулировать китайскую экономику к достижению поставленных целей обеспечения углеродной нейтральности экономики к 2060 г.

### **Возможный сценарий оптимизации траектории движения Китая к углеродной нейтральности (с учетом глобального характера проблемы изменения климата)**

В настоящее время, скорее всего, существует «окно возможностей», позволяющих Китаю (как, впрочем, и другим странам) выбрать траекторию развития, обеспечивающую близкое к максимальному теоретически возможному темпу снижения выбросов парни-

ковых газов. Для этого издержки, связанные с ускоренной декарбонизацией и замедлением темпов экономического роста в среднесрочной перспективе, должны быть компенсированы выгодами, которые мир может получить в долгосрочной перспективе.

В случае с предотвращением глобального потепления оптимальным решением, видимо, является распределение остаточного углеродного бюджета между странами мира. Уточнение объема остаточного углеродного бюджета – сама по себе достаточно сложная задача, требующая согласования не только экспертов в различных областях науки, но и последующего выбора и утверждения выбранного значения показателя. Утверждение объема остаточного углеродного бюджета и последующее распределение квот на максимально возможный объем выбросов отдельными странами должно быть максимально транспарентным и справедливым.

При распределении лимитов на выбросы между странами могут рассматриваться следующие факторы: текущий уровень выбросов, уровень социально-экономического развития, численность населения, природно-климатические условия. Страны, исчерпавшие установленный лимит на эмиссию парниковых газов, по всей видимости, должны будут в дальнейшем докупать права на выбросы на мировом рынке. Объем превышения установленного для страны лимита (до полной его компенсации за счет покупок на рынке) может считаться государственным долгом. При этом размер госдолга может измеряться как углеродными единицами, так и в денежной форме. В то же вре-

<sup>6</sup> Auctioning revenues and their use // European Commission. Climate Action. – n/y. – URL: [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/auctioning\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/auctioning_en) (дата обращения: 10.10.2021).

мя страны, относительно быстро осуществляющие энергетический переход, смогут сформировать резерв в виде доступных для продажи на мировом рынке квот на эмиссию парниковых газов. Региональные (национальные) рынки квот на выбросы парниковых газов могут быть интегрированы в мировой рынок или продолжают функционировать изолированно, в зависимости от намерений национальных регуляторов.

Безвозмездное закрепление определенной части глобального остаточного углеродного бюджета за беднейшими странами Азии и Африки (возможно, на уровне 10% от совокупного бюджета дополнительно к предназначавшимся этим странам квотам) позволило бы создать условия для финансирования устойчивого развития наименее развитых государств. Впрочем, возможна и более сложная схема финансирования низкоуглеродного развития беднейших стран, предполагающая безвозмездную передачу части остаточного углеродного бюджета Китаю и Индии с целью ускоренного замещения в этих странах имеющего наибольший углеродный след угольного топлива на газовое. Китай и Индия могли бы использовать полученные дополнительные углеродные квоты (предназначавшиеся ранее беднейшим странам Азии и Африки) для оплаты доли в капитале прошедших капитализацию природной ренты газовых компаний (например из Туркменистана, Катара и других ближневосточных государств). Тем самым Китай и Индия (наиболее зависящие от угля крупнейшие по населению страны) смогли бы обеспечить себя наименее климатически вредным ископаемым видом топлива на переходный период по сравнительно низкой стоимости. В дальнейшем Китай и Индия должны были бы оказать помощь беднейшим странам Азии и Африки и тем самым сформировать условия для

устойчивого развития наименее отстающих государств. Осуществление сценария с капитализацией природной ренты и наделением долями в капитале газовых компаний Китая и Индии вряд ли осуществимо без контроля и гарантий со стороны реформированных органов глобального управления.

Создание мирового рынка углеродных квот должно позволить перераспределять квоты на выбросы  $\text{CO}_2$  и других парниковых газов между региональными рынками на рыночных принципах, а также сформировать глобальную цену на выбросы парниковых газов. Ускоренное создание мирового рынка квот на выбросы парниковых газов отвечает интересам большинства государств, так как за счет преимуществ мировой торговли позволяет минимизировать издержки решения стоящей перед государствами задачи энергетической трансформации. Полное и эффективное раскрытие потенциала каждой страны в деле уменьшения антропогенного воздействия на климат возможно лишь при наличии рыночных стимулов.

По всей видимости, без проведения реформы глобальной системы управления обеспечить прозрачность и справедливость, а значит, и признаваемость процесса распределения долей глобального остаточного углеродного бюджета между странами, не удастся. Наиболее очевидный сценарий реформы глобальной системы управления предполагает принятие решений, затрагивающих интересы всех стран мира большинством голосов с полным учетом голосов всех жителей планеты, т.е. при принятии решений глобальной повестки число участвующих в голосовании от каждой страны должно быть пропорционально доли численности населения данного государства к общей численности населения планеты.

Необходимость выбора оптимальной траектории движения мира к углеродной нейтральности представляется достаточным и подходящим основанием для активизации усилий по реформированию глобальной системы управления. Создание эффективной системы глобального управления позволит снизить противоречия между крупнейшими государствами, затруднит осуществление политики сдерживания отдельных стран (в том числе России и Китая), снизит остроту или полностью погасит многие региональные конфликты, позволит приступить к более активному решению других глобальных проблем человечества. Таким образом, трансформация системы глобального управления таит в себе потенциал, способный компенсировать издержки ускоренной декарбонизации для большинства стран, в том числе для России и Китая.

\*\*\*

Анализ политики КНР в области низкоуглеродного развития позволяет сделать вывод о том, что страна придерживается взвешенного подхода при выборе траектории движения к углеродной нейтральности. При этом вес фактора необходимости сохранения относительно высоких темпов экономического роста и, соответственно, быстрого повышения благосостояния китайских граждан имеет достаточно высокую составляющую. Теоретически Китай мог бы значительно увеличить вес фактора необходимости скорейшего сокращения максимально возможного объема выбросов парниковых газов при выборе приоритетов развития. Однако в этом случае стране пришлось бы заплатить высокую цену: замедлить темпы экономического роста, провести ускоренное списание акти-

вов в угольной энергетике, а также снизить темпы роста благосостояния граждан. Перед похожей дилеммой стоят многие страны мира – ускоренное снижение выбросов парниковых газов негативно скажется на благосостоянии граждан практически любого государства. В случае с Китаем высокая доля угля в энергобалансе выступает в качестве дополнительного фактора, ограничивающего возможности страны в проведении ускоренной декарбонизации. Широкая международная кооперация могла бы снизить совокупные глобальные издержки достижения углеродной нейтральности, облегчив задачу осуществления энергоперехода отдельных стран мира, в том числе Китая. Впрочем, Китай способен решить свои экологические проблемы и с преимущественной опорой на собственные силы в исторически обозримый период, однако издержки достижения углеродной нейтральности в этом случае, по всей видимости, окажутся заметно выше.

## Список литературы

Climate Change 2021. The Physical Science Basis // Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021. – URL: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf) (дата обращения: 13.10.2021).

Comprehensive report on China's Long-Term Low-Carbon Development Strategies and Pathways / Jiankun He [et al.] // Chinese Journal of Population, Resources and Environment. – 2020. – Vol. 18, N 4. – P. 263–295. – DOI: 10.1016/j.cjpre.2021.04.004.

Geal S. China Climate Policy and COP 26 // Lowy Institute. – October 25, 2021. – URL: <https://www.lowyinstitute.org/publications/china-climate-pol->

itics-and-cop26 (дата обращения: 14.10.2021).

Mallapaty S. How China could be carbon neutral by mid-century // *Nature*. – October 10, 2021. – URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02927-9> (дата обращения: 15.10.2021).

Normile D. Can China the World Biggest Coal Consumer Become Carbon Neutral by 2060? // *Science*. – September 29, 2020. – URL: <https://www.science.org/content/article/can-china-worlds-biggest-coal-consumer-become-carbon-neutral-2060> (дата обращения: 16.10.2021).

Renewables Global Status Report // REN21. – 2021. – URL: <https://www.ren21.net/gsr-2021/> (дата обращения: 18.10.2021).

Salitskii A.I., Chesnokova S.V., Shakhmatov A.V. New Energy Engineering in the Industrial Transformation of Modern China // *Herald of Russian Academy of Sciences*. – 2014. – Vol. 84, N 2. – P. 146–201. – DOI: 10.1134/S1019331614020105.

Ван Цинъи. Энергетические данные 2020 года = 王庆一. 2020能源数据 // Пекин : Центр развития зеленых инноваций = 北京: 绿色创新发展中心, 2020. – 155 р. – Кит. яз. – URL: <https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-lceg-20210430-3/2020能源数据.pdf> (дата обращения: 11.10.2021.).

Лю Яньян. На пути к чистоте и низким выбросам углерода. Краткое изложение достижений Китая в области

энергетического развития = 刘羊肠. 迈向清洁低碳——我国能源发展成就综述 // Госсовет КНР = 中華人民共和國國務院. – 2021. – June 10. – Кит. яз. – URL: [http://www.gov.cn/xinwen/2021-06/10/content\\_5616827.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-06/10/content_5616827.htm) (дата обращения: 12.10.2021).

Метан угольных пластов: от «смертоносного газа» до «нарастающей мощности» = 煤层气: 从“夺命瓦斯”到“澎湃动力” // Национальная энергетическая администрация = 国家能源局. – 2018. – August 9. – Кит. яз. – URL: [http://www.nea.gov.cn/2018-08/09/c\\_137378354.htm](http://www.nea.gov.cn/2018-08/09/c_137378354.htm) (дата обращения: 13.10.2021).

Развитие энергетики привело к огромным изменениям в истории, энергосбережению и сокращению потребления энергии = 能源发展实现历史巨变 节能降耗 // Национальное бюро статистики КНР = 国家统计局. – 2019. – July 18. – Кит. яз. – URL: [http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201907/t20190718\\_1677011.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201907/t20190718_1677011.html) (дата обращения: 15.10.2021).

Статистическое коммюнике Китайской Народной Республики о национальном экономическом и социальном развитии в 2020 году = 中华人民共和国 2020年国民经济和社会发展统计公报 // Национальное бюро статистики КНР = 国家统计局. – 2021. – February 28. – Кит. яз. – URL: [http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202102/t20210227\\_1814154.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202102/t20210227_1814154.html) (дата обращения: 18.10.2021).

**The Resource Base of World Development**

DOI: 10.31249/kgt/2022.02.01

# Energy Transformation in China: Perspectives and Obstacles

**Yuri A. MAKEEV**

Ph.D. (Economic Science), Junior Research Fellow, Department of Economic Research, Institute of Oriental Studies RAS, st. Rozhdestvenka, 12, 107031, Moscow, Russian Federation  
E-mail: [vau4er@rambler.ru](mailto:vau4er@rambler.ru)  
ORCID ID: 0000-0001-7117-1825

**Alexander I. SALITSKII**

Doctor of Economics, Chief Researcher of the Center for Development and Modernization Problems, Primakov Institute of World Economy and International Relations  
GSP-7, st. Profsoyuznaya, 23, 117997, Moscow, Russian Federation  
E-mail: [sal.55@mail.ru](mailto:sal.55@mail.ru)  
ORCID: 0000-0001-6134-768X

**Nelly K. SEMENOVA**

Ph.D. (Political Science), Senior Research Associate, Department of Economic Research, Institute of Oriental Studies RAS, st. Rozhdestvenka, 12, 107031, Moscow, Russian Federation  
E-mail: [semenovanelli-2011@mail.ru](mailto:semenovanelli-2011@mail.ru)  
ORCID: 0000-0001-7872-8972

**Zhao Xin**

Ph.D (Economic Science), Senior Lecturer, Institute of Russian Language in Beijing University of Foreign Languages, Xisanhuan bei, 2, 100089  
E-mail: [zh\\_xin88@63com](mailto:zh_xin88@63com)  
ORCID: 0000-0003-2813-7810

**CITATION:** Makeev Yu.A., Salitskii A.I., Semenova N.K., Zhao Xin (2022). Energy Transformation in China: Perspectives and Obstacles. *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*, vol. 15, no. 2, pp. 9–32 (in Russian). DOI: 10.31249/kgt/2022.02.01

Received: 25.11.2021.

Revised: 06.01.2022.

**ABSTRACT:** Sustainable development is the core of China's ecological strategy which includes climate problems as its part. It means that industrial development remains

an important component of ecological policy, besides, the government undertakes gigantic projects which change the nature, for example a massive transfer of water from the

southern rivers to the northern regions. Also, sustainable development is understood in China as one of the means to reduce poverty and has a complex social content.

Energy transformation in China has accelerated during the 12<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> five year plans (2011-2020), however coal remains the main source of energy for the world largest manufacturing power taking more than 56 percent of total consumption.

Major national goals include now “creating of beautiful China” and some current plans to accelerate energy transformation are viewed in the article as well as a short history of the power sector of China’s economy in this century.

Important part of the study is devoted to the analysis of “green” financial services, which are developing in modern China with growing speed.

Despite tempting, the plans for speedy reforms and structural changes in energy sector run across major obstacles. They include efficiency and cost problems, the giant scope of the energy sector. Another set of obstacles comes from deep divide on climate problems and sustainable development in general between the developed and developing countries.

**KEYWORDS:** China, energy balance, energy transition, carbon neutrality, green finance system.

## References

- Climate Change 2021. *The Physical Science Basis* (2021). Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf) (accessed 13.10.2021).
- Comprehensive report on China's Long-Term Low-Carbon Development Strategies and Pathways (2021). *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, December, 2020, vol. 18, no. 4, pp. 263–295. DOI: 10.1016/j.cjpre.2021.04.004.
- Geal S. (2021). *China Climate Policy and COP 26*. Lowy Institute, October 25. Available at: <https://www.lowyinstitute.org/publications/china-climate-politics-and-cop26> (accessed 14.10.2021).
- Liu Yangyang (2021). *Towards Cleanliness and Low Carbon Emissions – A Summary of China's Energy Development Achievements* = 刘羊阳. 迈向清洁低碳——我国能源发展成就综述. State Council of the People's Republic of China = 中華人民共和國國務院. June 10. (in Chinese). Available at: [http://www.gov.cn/xinwen/2021-06/10/content\\_5616827.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-06/10/content_5616827.htm) (accessed 12.10.2021).
- Mallapaty S. (2021). How China could be carbon neutral by mid-century. *Nature*, October 10. Available at: <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02927-9> (accessed 15.10.2021).
- Metan... (2018). *Coal bed methane: from "deadly gas" to "growing capacity"* = 煤层气：从“夺命瓦斯”到“澎湃动力”. National Energy Administration = 国家能源局, August 9. (in Chinese). Available at: [http://www.nea.gov.cn/2018-08/09/c\\_137378354.htm](http://www.nea.gov.cn/2018-08/09/c_137378354.htm) (accessed 13.10.2021).
- Normile D. (2020). Can China the World Biggest Coal Consumer Become Carbon Neutral by 2060? *Science*, September 29. Available at: <https://www.science.org/content/article/can-china-worlds-bigger-coal-consumer-become-carbon-neutral-2060> (accessed 16.10.2021).
- Razvitie energetiki... (2019). *Energy development has achieved huge changes in history, energy saving and consumption reduction* = 能源发展实现历史巨变 节能降耗. National Bureau of Statistics of the People's Republic of China = 国家统计局, July 18. (in Chinese). Available at: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201907/>

t20190718\_1677011.html (accessed 15.10.2021).

*Renewables Global Status Report* (2021). REN21. Available at: <https://www.ren21.net/gsr-2021/> (accessed 18.10.2021).

Salitskii A.I., Chesnokova S.V, Shakhmatov A.V. (2014). New Energy Engineering in the Industrial Transformation of Modern China. *Herald of Russian Academy of Sciences*, 2014, vol. 84, no. 2, pp. 146–201. DOI: 10.1134/S1019331614020105.

Statisticheskoe kommyunike... (2021). Statistical Communiqué of the People's Republic of China on the 2020 National

Economic and Social Development = 中华人民共和国2020年国民经济和社会发展统计公报 // National Bureau of Statistics = 国家统计局, February 28. (in Chinese). Available at: [http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202102/t20210227\\_1814154.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202102/t20210227_1814154.html) (accessed 18.10.2021).

Wang Qingyi (2020). *Energy Data 2020* = 王庆一. 2020能源数据. Beijing: Green Innovation Development Center = 北京: 绿色创新发展中心, 155 p. (in Chinese). Available at: <https://www.ef-china.org/Attachments/Report/report-l-ceg-20210430-3/2020能源数据.pdf> (accessed 11.10.2021.).