

В.В. Петушкива*

**АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА КНР В СВЕТЕ ГЛОБАЛЬНЫХ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ**

Аннотация. Атомная энергетика – динамично развивающаяся отрасль экономики КНР. Реализация перспективного плана выведет Китай к 2030 г. на первое место в мире по производству электроэнергии на АЭС. Развитие атомной энергетики соответствует китайской стратегии устойчивого развития и играет важную роль в преодолении проблем, как связанных с дефицитом ресурсов, так и относящихся к загрязнению атмосферы и изменению климата. Все это необходимо учитывать при развитии сотрудничества России с КНР в области атомной энергетики.

Ключевые слова: Китай; атомная энергетика; изменение климата; радиационная безопасность; устойчивое развитие.

Для цитирования: Петушкива В.В. Атомная энергетика КНР в свете глобальных экологических проблем // Экономические и социальные проблемы России. – Москва, 2021. – № 1. – С. 106–124.

**V.V. Petushkova
China's nuclear power production in light of global
environmental problems**

Abstract. Nuclear power production is a dynamic sector of the People's Republic of China economy. The fulfillment of the plan of nuclear energy development will put China on the first place in the global production of electricity at the nuclear power plants before 2030. The development of nuclear power is in line with China's sustainable development strategy and plays an important role in addressing both resource scarcity as well as air pollution and climate change issues. The article discusses some aspects of cooperation between Russia and China in the field of nuclear energy.

* **Петушкива Влада Валерьевна**, канд. экон. наук, научный сотрудник Отдела экономики Института научной информации по общественным наукам РАН (ИНИОН РАН).

Petushkova Vlada, PhD (Econ. Sci), Researcher of the Department of Economics, Institute of Scientific Information for Social Sciences, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia).

Keywords: China; nuclear power; climate change; radiation safety; sustainable development.

For citation: Petushkova V.V. China's nuclear power production in light of global environmental problems // Economic and Social Problems of Russia. – Moscow, 2021. – N 1. – C. 106–124.

Введение

С 1970-х годов в мировой науке широко обсуждается глобальная проблема дефицита ресурсов. Пореформенный Китай – страна с населением 1,4 млрд человек [Population, 2019, Tab. 2–1] и «всемирная фабрика» – столкнулся с острой проблемой ресурсных ограничителей экономического роста. Ситуацию усугубляет традиционно экстенсивная модель развития энергетической отрасли. Экономические достижения КНР были «оплачены» ценой масштабного загрязнения и разрушения окружающей среды (ОС), которые привели к ухудшению качества жизни населения во многих аспектах [Захаров, Калашников, 2020, с. 40–47]. Изменение и деградация ОС в свою очередь влекут за собой значительные экономические потери в масштабах страны. Кроме того, в связи с трансграничными переносами веществ, загрязняющих ОС, в частности атмосферу, состояние ОС Китая оказывает влияние на сопредельные государства, в том числе Россию.

Мировое сообщество пришло к осознанию того факта, что глобальные экологические проблемы, такие как загрязнение и разрушение ОС и потепление климата, невозможно решить без изменения модели развития Китая [Helping China..., 2018]. Согласно меткому высказыванию известного китайского экономиста Лина Джастина Йифу: «...если Китай не изменит модель развития или не сократит потребление ресурсов, это обернется негативными последствиями для других стран на поколения вперед» [Лин Джастин Йифу, 2013, с. 39].

Курс на создание единой, развитой атомной энергетической системы – принципиально новое направление для экономики Китая, активно реализуемое лишь в последнее десятилетие. Это не просто попытка поиска новых путей решения давних и острых проблем, а заявившая о себе перспективная политика. Логичное продолжение анализа задач, стоящих перед энергетикой КНР, – переход к дискуссии по поводу другой проблемы, имеющей глобальное значение, – безопасности строящихся в КНР атомных объектов. В этом отношении перспективным для Китая является сотрудничество в области атомной энергетики и радиационной безопасности с Россией – страной, стоявшей у истоков создания ядерной энергетики как отрасли.

Структура производства и потребления энергии в КНР и окружающая среда

КНР занимает первое место в мире по производству и потреблению электроэнергии [Enerdata, 2020]. При этом Китай традиционно зависит от угля как источника энергии, так как это единственный энергетический ресурс, которым страна в достаточной степени обеспечена. Китай является крупнейшим в мире производителем и потребителем угля: в 2019 г. годовая добыча угля в Китае составила 3,962 млрд т (47% мирового производства) [Global coal..., 2019]. За период с 1978 по 2015 г. доля угля в структуре энергетической отрасли страны оставалась стабильно высокой и составляла не менее 69,4% [Total production..., 2019, Tab. 9–1]. В результате сжигания угля, используемого в энергетической отрасли, промышленности и в быту, в атмосфере увеличивается содержание углекислого газа (CO_2), происходит выброс в воздушную среду твердых частиц (сажи), а также диоксида серы (SO_2). Сжигание ископаемого топлива является также главной причиной загрязнения атмосферы окислами азота.

Типичной для КНР является низкая эффективность использования угля в масштабах страны, поскольку именно уголь применяется в тысячах мелких промышленных и коммерческих бойлерных, в миллионах бытовых печей. В результате растет эмиссия загрязняющих атмосферу веществ в расчете на единицу произведенной энергии [Helping China..., 2018].

В 2019 г. Китай занимал пятое место в мире по производству нефти и других жидкых энергоносителей. Однако большая их часть поступает из месторождений, поддержание добычи на которых требует использования дорогостоящих методов производства [Technically recoverable..., 2015, р. 3]. В то же время Китай является крупнейшим в мире импортером нефти и газа, покрывая за счет импорта растущую потребность страны в энергии.

Одним из способов повышения объемов добычи нефти и газа для КНР является использование значительного потенциала сланцевого газа и сланцевой нефти семи перспективных бассейнов: Сычуань, Тарим, Джунггар, Сонглиао, Платформа Янцзы, Цзяньган и Субэй [Technically recoverable..., 2015, р. 2]. Усложняют и замедляют коммерческую разработку этих месторождений многочисленные технические проблемы. Как отмечает представитель British Petroleum: «Пройдет немало времени, прежде чем Китай сможет коммерциализировать свои сланцевые ресурсы в значительной степени» [цит. по: Technically recoverable..., 2015, р. 9].

Гидроэнергия является вторым по величине после угля источником энергии в Китае, а установленная гидроэнергетическая мощность к 2019 г. составила 356 ГВт [China, 2020]. На территории страны находится половина из существующих в мире 80 тыс. плотин, что больше, чем в США, Бразилии и Канаде вместе взятых. По мнению сторонников строительства новых плотин в Китае, страна может к 2050 г. довести суммарную мощ-

ность гидростанций до 540 ГВт. Китайские власти надеются, что крупномасштабное внедрение гидроэнергетики поможет уменьшению токсичного смога, влияющего на здоровье граждан. Как утверждают некоторые эксперты, гидроэнергетика уже способствовала замедлению роста выбросов ПГ в Китае [Walker, Liu Qin, 2015].

В то же время отказ от угля в пользу гидроэнергетики сопряжен с серьезными рисками для населения, экономики и ОС КНР. Замена угля гидроэнергией может привести к улучшению качества воздуха в городах восточного побережья. Однако население экологически хрупких юго-западных районов, где будут построены свыше 80% новых плотин, заплатит за это затоплением плодородных земель и многократным повышением риска наводнений. Поэтому китайские экологи призывают к безотлагательному закрытию крупных гидроэнергетических проектов, подчеркивая, что в стране уже разрушены многие речные экосистемы

К экономическим рискам гидроэнергетики относятся низкая генерирующая эффективность китайских ГЭС, устаревшая и неразвитая инфраструктура, что приводит к масштабным потерям произведенной энергии. Парадоксальным является тот факт, что во многих провинциях Китая строительство ГЭС привело не к сокращению, а к строительству новых ТЭС, которые должны компенсировать сезонный спад мощности в засушливый период [Walker, Liu Qin, 2015].

За последние несколько лет за счет диверсификации энергетики структура энергопотребления в стране начинает меняться в пользу более чистых источников энергии – гидроэнергии (8%), природного газа (8%), атомной энергии (2%) и других возобновляемых источников энергии (ВИЭ) (почти 4%) (данные за 2017 г. представлены на рис. 1) [Country analysis..., 2017, p. 2]. Тем не менее даже с учетом последних данных МАГАТЭ¹ доля атомной энергии в энергобалансе КНР невысока, несмотря на то что страна занимает одно из первых мест в мире по количеству атомных энергоблоков. Для сравнения: во Франции, где развитие атомной энергетики считается национальным приоритетом, на АЭС приходится 70,6% производимой электроэнергии [Power reactor information system: France, 2020]. В России этот показатель в 2019 г. составил 19,7% [Power reactor information system: Russian Federation, 2020].

¹ По данным МАГАТЭ, доля атомной энергетики в производстве электроэнергии КНР в 2019 г. достигла 4,9% [People's Republic of China 2019..., 2020].

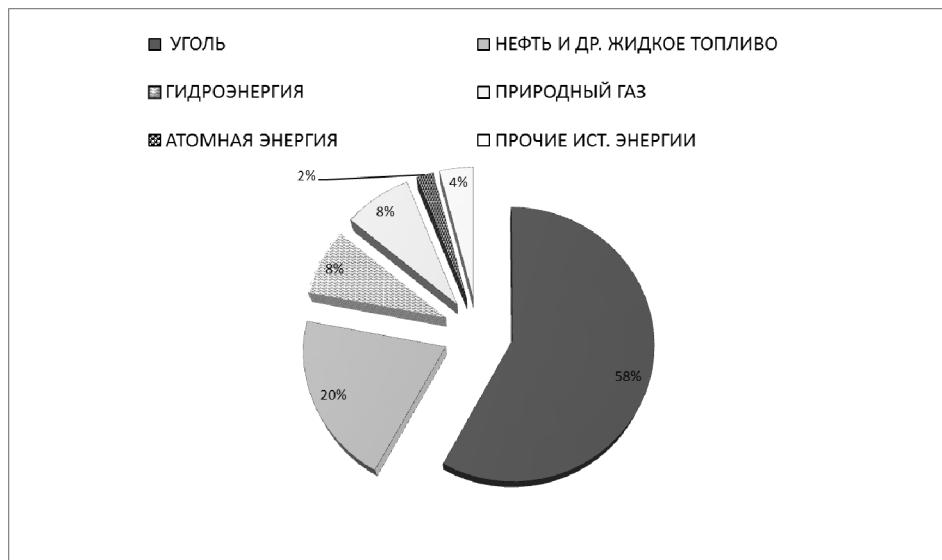


Рис. 1. Доля атомной энергии
в структуре энергопотребления КНР в 2017 г.
Составлено по: [Country analysis executive..., 2017]

Глобальная проблема техногенного загрязнения атмосферы и атомная энергетика КНР

Последствия техногенного загрязнения атмосферы в Китае, как и во всем мире, были классифицированы Всемирным банком (ВБ) еще во второй половине XX в. следующим образом [China environmental..., 1992, р. 13]:

- влияние на здоровье людей;
- воздействие на материалы (загрязнение, коррозия, разрушение);
- уменьшение прозрачности атмосферы;
- отрицательное воздействие на леса и другую растительность (видимые повреждения, ущерб, уменьшение скорости роста);
- ухудшение качества воды как среды обитания водных организмов, обусловленное закислением вод озер и водоемов в результате выпадения кислотных дождей и попадания вместе с осадками других загрязняющих веществ;
- загрязнение почв высокотоксичными солями тяжелых металлов в результате воздействия кислотных дождей на содержащие тяжелые металлы твердые промышленные отходы;

– глобальные последствия: усиление «парникового эффекта» (потепление климата на Земле), а также разрушение озонового слоя в результате эмиссии в атмосферу разрушающих озон веществ промышленного происхождения.

Первые попытки оценить масштабы ежегодных экономических потерь КНР, связанных с загрязнением ОС, в частности – атмосферы (обобщены в монографии автора [Петушкива, 2003; Петушкива, 2008]), предпринимались с начала 1980-х годов. Как правило, при подсчете экономических потерь от загрязнения атмосферы оценивались негативные последствия, связанные с влиянием на здоровье людей, убытками в сельском хозяйстве, лесоводстве, животноводстве и рыбных промыслах, ущербом в результате повреждения и коррозии промышленных материалов и строений и другие. При этом итоговые величины, получившиеся у разных специалистов, демонстрируют значительные расхождения (табл. 1). Эти расхождения обусловлены не только тем, что исследования основывались на статистических данных, относящихся к разным годам, сколько с различиями в методологических подходах и степени значимости, придаваемой авторами тем или иным составляющим экономического ущерба, а также включением в подсчеты дополнительных показателей, существенно увеличивающих или уменьшающих итоговые показатели экономических потерь.

Таблица 1
**Оценка ежегодных экономических потерь КНР
в результате загрязнения атмосферы (% ВВП)^{*}**

№ пп	Автор оценки	Год	Потери % ВВП
1	Го Сяомин Чжан Хуэйцин	1983	2,2
2	В. Смил	1990	0,9
3	SEPA – Госуправление по охране окружающей среды	1992	2,5
4	Мао Юши и Ся Гуан	1992	2,3–2,4
5	ВБ	1995	7,1

^{*}Составлено по данным: [Петушкива, 2003; Петушкива, 2008].

В последние годы при оценке потерь от загрязнения атмосферы обычно учитывается только ущерб здоровью населения, поскольку загрязнение воздуха является самым большим экологическим риском для здоровья. По данным Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП, United Nations Environment Programme, UNEP), девять из десяти человек во всем мире дышат воздухом, загрязненным сверх допустимых норм, установленных Всемирной организацией здравоохранения [Во всем..., 2018]. Согласно оценке ЮНЕП, общемировой ущерб от загрязнения атмосферы только в сфере здравоохранения составил в 2017 г. 5,7 трлн долл., или около 7,1% мирового ВВП [International day...].

Глобальные социальные издержки, связанные с преждевременными смертями людей, вызванными загрязнением атмосферного воздуха и воздуха в помещениях, оценивались в 2015 г. в 5,3 трлн долл. [Towards a pollution-free planet..., 2017, р. 32]. Расходы Китая, связанные с преждевременной смертностью населения, обусловленной экологическими факторами, в 2015 г. были самыми высокими в мире и составили почти 1 трлн долл. За КНР следовали европейские страны ОЭСР с общим объемом потерь в 730 млрд долл., африканские страны – более 450 млрд долл., что составляет 7,9% ВВП континента. Из стран южной и юго-восточной Азии на первом месте по этому показателю (около 220 млрд долл. из общего объема по региону в 380 млрд долл., цены 2015 г.) была Индия. Согласно прогнозам, при отсутствии более жестких мер по ограничению загрязнения атмосферы, к 2060 г. экономические потери в результате гибели людей от загрязнения атмосферного воздуха вырастут примерно до 25 трлн долл. [The economic consequences..., 2016].

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в глобальном масштабе являются выбросы вредных веществ в результате сжигания ископаемого топлива (прежде всего, угля) для производства электроэнергии и тепла в промышленных и бытовых печах, а также нерегулируемое сжигание отходов, таких как пластмассы и аккумуляторы в открытых ямах и на мусоросжигательных заводах. Крупными источниками загрязнения воздуха выступают лесные пожары и горение торфяников, а также опустынивание, происходящее из-за деградации земель, включая обезлесение и изменение дренажа водно-болотных угодий [Towards a pollution-free..., 2017, р. 32]. Помимо ущерба здоровью людей, загрязнение атмосферы приводит к утрате биоразнообразия, подкислению почв и озер, ухудшению качества лесных ресурсов, а также снижению урожайности сельскохозяйственных культур, угрожая продовольственной безопасности населения планеты.

Китайское руководство пришло к осознанию проблемы техногенного загрязнения ОС уже к концу 1990-х годов, что привело к таким важным результатам, как принятие на государственном уровне концепции устойчивого развития. В сентябре 2014 г. Государственный совет КНР утвердил национальный план по «изменению климата», подготовленный Госкомитетом по развитию и реформам Китайской Народной Республики (National Development and Reform Commission, NDRC). К 2020 г. планировалось снизить интенсивность выбросов углерода на 40–45% по сравнению с 2005 г.; сократить долю угля в общем потреблении первичной энергии до 58% для снижения загрязнения воздуха, которое затронуло многие районы Китая; довести долю неископаемого топлива в потреблении первичной энергии примерно до 15%. Перед страной также ставилась цель увеличить площадь лесов на 40 млн га к концу 2019 г. [Nuclear power in China. Energy policy and clean air, 2020]. Правительство КНР заявило, что приложит усилия к созданию рынка разрешений (квот) на выбросы CO₂ и

углублению международного сотрудничества в соответствии с принципами «общей, но дифференцированной ответственности».

В опубликованном Госсоветом в ноябре 2014 г. Плане действий по стратегии развития энергетики на 2014–2020 гг. предусматривался «своевременный запуск» новых проектов в области атомной энергетики на восточном побережье. Согласно 13-му пятилетнему плану (2016–2020 гг.) предполагалось ежегодно наращивать количество атомных реакторов; довести долю неископаемых источников в энергобалансе к 2020 г. до 15%, а к 2030 г. – до 20 против 9,8% в 2013 г.; к 2020 г. сократить долю угля с 72,5 (в 2007 г.) до 62%. Эта цель была достигнута в 2018 г., хотя в основном за счет замещения угля природным газом [Nuclear power in China. Energy policy and clean air, 2020].

В декабре 2015 г. на 21-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (COP21) было принято Парижское соглашение по изменению климата [Climate change..., 2015], пришедшее на смену Киотскому протоколу. В соответствии с Парижским соглашением каждая страна самостоятельно определяет размер своего национального вклада в его реализацию (Nationally Determined Contribution, NDC) и способы достижения цели по снижению выбросов ПГ [Adapting the energy..., 2019, р. 5].

По оценкам МАГАТЭ, на энергетику приходится три четверти общего объема выбросов ПГ. Развитие атомной энергетики, относящейся к низкоуглеродным технологиям, должно способствовать их сокращению в глобальном масштабе. Эксперты МАГАТЭ подчеркивают потенциальную роль ядерной энергетики в достижении цели по смягчению последствий изменения климата, указанной в Парижском соглашении. Руководствуясь принципами устойчивого развития, принятыми ООН, а также рекомендациями МАГАТЭ, ряд стран – участниц Парижского соглашения, в том числе и Китай, включили развитие атомной энергетики в свои NDC. В рамках NDC КНР планирует довести среднегодовой объем новых ядерных мощностей в 2005–2020 гг. до 3,4 ГВт/год, в 2020–2030 гг. – до 9,0 ГВт/год [Adapting the energy..., 2019, р. 6; How can nuclear..., 2017; Nuclear power in China. Energy policy and clean air, 2020].

На основании вышеизложенных фактов можно сделать вывод о том, что развитие атомной энергетики стало для КНР экономически оправданной политикой, связанной с решением таких острых проблем страны, как дефицит ресурсов и загрязнение ОС. Атомная энергетика на сегодняшний день и ближайшую перспективу рассматривается Китаем как важная альтернатива ТЭС. Согласно официальным заявлениям китайского руководства, форсированное развитие отрасли призвано не только решить внутренние проблемы страны, но и внести вклад в глобальное сокращение эмиссии веществ, вызывающих парниковый эффект и способствующих изменению климата планеты [CNNC president addresses..., 2019].

Атомная энергетика КНР: результаты и перспективы

Атомная энергетика – динамично развивающаяся отрасль экономики КНР. По состоянию на 2019 г. Китай обладал 48 действующими атомными энергоблоками, расположенными на 17 станциях, 11 энергоблоков находились в стадии строительства [People's Republic of China, Power reactor information system, 2019]. В настоящее время КНР занимает третье место в мире после США и Франции по производству электроэнергии на АЭС. Пятерку лидеров замыкают Россия и Южная Корея [Nuclear explained, nuclear power plants, 2020]. Согласно перспективному плану, до 2030 г. производство энергии в атомном секторе энергетики Китая должно возрасти примерно в 4,5 раза (рис. 2) [Hualong One reactor..., 2017]. Таким образом, ожидается, что до 2030 г. Китай выйдет на первое место в мире по производству электроэнергии на АЭС. Национальное энергетическое управление (National Energy Agency, NEA) подтвердило, что Китай способен производить восемь полных комплектов реакторного оборудования в год, и заявило (в 2014 г.) о стремлении страны к мировому лидерству в области ядерных технологий [Nuclear power in China. Nuclear power, 2020].



Рис. 2. Ожидаемый рост мощности атомной энергетики КНР к 2020 и 2030 гг.
Источник: [Hualong One reactor «worthy of promotion», 2017]

Электроэнергия, получаемая на АЭС, играет важную роль в экономическом развитии Китая, особенно приморских районов, удаленных от угольных месторождений. Работы по строительству атомных электростанций в КНР начались в 1970 г., а примерно с 2005 г. (в ходе 11-го пятилетнего плана) отрасль перешла в фазу стремительного роста. Базовые технологии были заимствованы во Франции, Канаде и России и применялись с учетом местной специфики при участии специалистов из Франции. Новейшие технологии были приобретены в США (через корпорацию «Вестингауз электрик», принадлежащую японской компании Тошиба) и Франции. Государственная корпорация по ядерным технологиям (State Nuclear Power Technology Corporation, SNPTC) сделала модель Вестингауз (Westinghouse) AP1000 (проект США) основой развития атомных технологий в КНР в настоящем и на ближайшее будущее [Nuclear power in China, 2020].

Заметную роль в становлении атомной энергетики Китая сыграло сотрудничество с Россией, которое продолжается и в наши дни. Поэтапно реализуется крупнейший российско-китайский проект в области атомной энергетики – строительство АЭС «Тяньвань» в провинции Цзянсу. Генеральный контракт на сооружение энергоблоков № 1 и № 2 атомной станции «Тяньвань» был подписан еще в 1997 г., а в 2007 г. оба блока были сданы заказчику [Россия и Китай подписали..., 2018]. В 2018 г. был запущен четвертый энергоблок, в августе 2020 г. – введен в эксплуатацию пятый, сейчас сооружается шестой. Всего проектом предусмотрено строительство восьми энергоблоков [Состоялся энергопуск блока № 4..., 2018; People's Republic of China. Power Reactor information system, 2019]. В основу сооружения Тяньваньской АЭС положен российский проект АЭС-91 с реактором типа ВВЭР-1000, который полностью удовлетворяет требованиям современных нормативно-технических документов Китая, России и МАГАТЭ. Современные российские водо-водяные реакторы (ВВЭР) созданы с соблюдением принципа глубокоэшелонированной защиты¹, что обеспечивает высокую степень их надежности [Безопасность российских АЭС, 2020]. Сооружение Тяньваньской атомной электростанции осуществляется Цзянсуской ядерной энергетической корпорацией (JNPC) совместно с российской компанией «Атомстройэкспорт» [Состоялся энергопуск..., 2018].

Седьмого марта 2019 г. в Пекине состоялась торжественная церемония подписания генерального контракта на сооружение российской

¹ Предусмотрены такие средства защиты, как система отвода тепла и устройство локализации расплава (так называемая «ловушка расплава»). Система отвода тепла от защитной оболочки обеспечивает долговременный отвод тепла при любых аварийных ситуациях, в том числе и при полном обесточивании АЭС. Что касается устройства локализации расплава, то оно исключает возможность его выхода за пределы гермооболочки при любых сценариях.

стороной очередных атомных энергоблоков в Китае [АЭС «Сюдайпу»..., 2020]. В рамках соглашения Россия намерена построить четыре реактора третьего поколения ВВЭР-1200: два на электростанции «Тяньвань» в провинции Цзянсу и еще два на АЭС «Сюдайпу» в Ляонине. Строительство планируется начать в 2021 и 2022 гг. [Zheng Xin, 2019]. Заключен также контракт на поставку топлива [Топливная компания Росатома «ТВЭЛ»..., 2019]. Подготовка контрактов велась в соответствии с подписанным в ходе визита Президента РФ В.В. Путина в Китай стратегическим пакетом соглашений. Двусторонние соглашения определили основные направления развития сотрудничества между Россией и Китаем в сфере атомной энергетики на ближайшие десятилетия.

Упомянутый договор на строительство четырех ядерных реакторов в Китае общей стоимостью около 3,62 млрд долл. еще до подписания считался крупнейшим за последнее десятилетие контрактом между двумя странами в области ядерной энергетики [Zheng Xin, 2019]. Разрешение на строительство российских АЭС было первым одобренным Китаем планом как среди национальных, так и зарубежных проектов после длительного перерыва (с декабря 2015 г.). Аналитики считают, что усилия КНР в области развития ядерной энергетики после трехлетнего перерыва перейдут в фазу ускорения. Инвестиции Китая в научные исследования в области ядерных технологий весьма значительны. Ожидается также углубление сотрудничества Китая и России в секторе строительства АЭС [Zheng Xin, 2019]. Помимо давних тесных отношений с Францией в атомной энергетике Китай имеет двустороннее соглашение о ядерном сотрудничестве с США (1985), которое было возобновлено в 2015 г.

Эксперты отмечают, что в настоящее время Китай демонстрирует способность обеспечить АЭС топливом собственными силами. Государство стремится производить треть урана внутри страны, треть получать за счет эксплуатации совместных с иностранными партнерами шахт и предприятий за рубежом и треть приобретать на открытом рынке. Два крупных обогатительных завода Китая были построены в рамках соглашений с Россией, но значительная часть нынешних мощностей создана Китаем самостоятельно. Следует подчеркнуть, что перспективный план добычи и закупки урана соответствует задачам снабжения топливом к 2030 г. 130 реакторов [China's nuclear fuel cycle, 2020].

Инцидент на атомной станции «Фукусима» (Япония) стал заметным событием в истории мировой атомной энергетики. Напомним, что сильное землетрясение, произошедшее 11 марта 2011 г., привело к возникновению 15-метрового цунами, в результате обрушения которого на АЭС «Фукусима» отключилось ее электроснабжение, что и привело к аварии. Все нештатные события на ядерных объектах оцениваются по разработанной МАГАТЭ 8-балльной Международной шкале ядерных событий (International Nuclear Events Scale). Авария на АЭС «Фукусима» была отнесена к 7-му уровню (крупная авария) из-за высокого уровня радиоактивных вы-

бросов в воздух, произошедших в первые несколько дней. Утечка загрязненной воды в море продолжалась в течение двух месяцев. До настоящего времени ведутся работы по снижению радиоактивности, рассеянной на земле в окрестностях АЭС [The situation at Fukushima, 2020].

После катастрофы на АЭС «Фукусима» некоторые страны перешли к поэтапному отказу от использования атомной энергетики, среди них Германия, Италия, Швейцария, Тайвань. Так, в Германии идет процесс, прямо противоположный процессам, запланированным в перспективных планах развития КНР, а именно: замещение атомной энергетики угольной. Закрытие АЭС в Германии привело к дополнительным выбросам десятков миллионов тонн CO₂, загрязнению атмосферы частицами пыли и сажи и диоксидом серы, что стало причиной роста респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний. По оценке экспертов, в целом рост выбросов и вызванная этим преждевременная гибель людей обходится стране в 12 млрд долл. ежегодно [Деменко, 2020].

Поэтапный отказ от атомной энергетики к 2025 г. вошел в предвыборную программу президента Тайваня Цай Инвэнь и Демократической прогрессивной партии, победившей на выборах в январе 2016 г. [Nuclear power in Taiwan. Energy policy, 2020]. Из шести энергоблоков, сыгравших не последнюю роль в реализации Тайваньского экономического чуда, работа двух уже прекращена на неопределенный срок [Power reactor information system, Taiwan, China, 2020]. С программой поэтапного прекращения использования ядерной энергии выступил президент Республики Корея Мун Чжэ Ин [Moon urged..., 2017].

В отличие от этих стран Китай после аварии в Японии не отказался от планов развития атомной энергетики. Однако правительство КНР приостановило процесс утверждения новых проектов строительства АЭС до рассмотрения уроков, которые могут быть извлечены из катастрофы. Сразу же была проведена проверка безопасности действующих энергоблоков, а в октябре 2011 г. завершена ревизия объектов, находившихся в стадии строительства. Возобновление выдачи разрешений на строительство ядерных энергоблоков было приостановлено до принятия нового плана обеспечения ядерной безопасности и его одобрения Государственным советом в октябре 2012 г. После аварии на Фукусиме, в Китае на много лет были задержаны проекты строительства энергоблоков AP1000 во внутренних районах страны, что было связано с опасениями по поводу возможного загрязнения рек [Nuclear power in China. Post-Fukushima review, 2020].

В 2015 г. в КНР началось строительство АЭС «Фуцин», основанной на собственных технологиях. Китайские реакторы серии Hualong One (Китайский дракон) были спроектированы совместно двумя атомными гигантами – компанией China General Nuclear Power Group (CGN) и China National Nuclear Corporation (CNNC) – по заказу Национальной Энергетической Администрации (National Energy Administration, NEA) и прошли инспекцию в августе 2014 г. Компании CNNC и CGN решили задачу объе-

динения двух моделей: собственной АСР1000 и АСР1000 французского проекта M310. Атомные энергоблоки проекта АЭС «Фуцин» № 1–4 были введены в коммерческую эксплуатацию в сентябре 2017 г. и к настоящему времени произвели в общей сложности 130 млрд кВт/ч электроэнергии [Nuclear power in China, 2020]. По данным CNNC, работа четырех атомных энергоблоков позволила сократить выбросы двуокиси углерода на 105,44 млн т по сравнению с производством электроэнергии на основе использования ископаемого топлива [China loads fuel..., 2020]. После строительства 5-го и 6-го энергоблоков АЭС «Фуцин», CNNC перейдет к проекту «Чжанчжоу» в провинции Фуцзянь, где ранее предполагалось использование реактора Westinghouse AP1000 [Nuclear power in China, 2020].

«Китай способен к массовому производству собственного реактора третьего поколения Hualong One, который можно рассматривать как новейшую бизнес-карту Китая» [Hualong One reactor..., 2017], – заявил Ван Шоудюнь, председатель CNNC. Первоначально Hualong One был задуман как реактор на экспорт в рамках проводимой на высоком политическом уровне политики продвижения с использованием экономического и дипломатического влияния Китая одного из 16 ключевых национальных научно-технических проектов. В действительности, с учетом трудностей с реакторами Westinghouse в последние годы, Hualong One стал конкурировать, прежде всего, с зарубежными моделями в Китае. Технологическая база для создания будущих энергоблоков в стране до сих пор официально не определена. Однако в настоящее время в планах строительства преобладают две модели: САР 1000 (развитие Westinghouse AP1000) и Hualong One. После событий на «Фукусиме» планы по строительству реакторов Westinghouse были сокращены [Nuclear power in China..., 2020].

Атомная энергетика КНР в социально-экономическом контексте

В своих планах развития атомной энергетики Китай, несомненно, ориентируется на опыт Японии. Япония – страна, пострадавшая от атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, стала к концу XX в. одним из мировых лидеров в использовании атомной энергии в мирных целях и на протяжении нескольких десятков лет успешно эксплуатировала АЭС. Парадоксально, но огромное влияние на развитие общества и экономики Японии оказали многочисленные заимствования в Китае. Теперь время заимствований в Японии настало для Китая.

Хотя природные условия Китая в большей степени отвечают требованиям безопасной эксплуатации АЭС, чем территория Японии или Кореи. Значительная часть его территории сейсмически устойчива и характеризуется ярко выраженной континентальностью. Вместе с тем анализ географии строительства китайских АЭС показывает, что большинство из них размещено в плотно населенной прибрежной зоне, в непосредственной близости от крупных городов – потребителей электроэнергии.

В настоящее время Китай выдвинулся в качестве нового мирового локомотива экономического роста. Однако мнения по поводу возможностей его дальнейшего развития сильно разнятся. Распространены две противоположные точки зрения. Согласно одной, Китай обгонит США к 2030 г., а может быть, и раньше. Согласно другой, китайская экономика может рухнуть в любой момент [Лин Джастин Йифу, 2013, с. 28–29].

Ни одной стране, кроме КНР, не удавалось поддерживать годовые темпы экономического роста на уровне 9% в течение более 30 лет. Сможет ли КНР сохранить подобные темпы роста в последующие несколько десятилетий? В работе «Демистификация китайской экономики» профессор Лин Джастин Йифу дает положительный ответ на этот вопрос и раскрывает один из ключевых секретов успехов китайской экономики. Речь идет о «потенциальных преимуществах отсталости». «Разница между Китаем и США в уровне доходов показывает, что все еще существует большой технологический разрыв между Китаем и промышленно развитыми странами. Пока этот зазор не исчез, Китай может продолжать пользоваться преимуществами отстающей страны» [Лин Джастин Йифу, 2013, с. 37].

К сказанному можно добавить, что Китай традиционно эксплуатирует «преимущества отсталости» в аспекте природных ресурсов. В КНР экономят на дорогостоящем энерго- и ресурсосберегающем оборудовании, продолжая использовать морально устаревшие технологические комплексы. Подобный подход в атомной энергетике может привести к не-предсказуемым последствиям не только для КНР, но и для всего мира. Хотя в настоящее время немалое значение в Китае на уровне общегосударственной политики уделяется вопросам, связанным с радиационной безопасностью.

Вопросы обеспечения радиационной безопасности

Неблагоприятные биологические последствия воздействия малых доз ионизирующего излучения на организм человека зависят от продолжительности экспозиции, но, как правило, повышают риск изменений ДНК и развития рака. Наряду с негативными последствиями воздействия радиации в науке широко известны такие последствия радиационного воздействия, как адаптивный ответ. В самом общем представлении данный феномен заключается в том, что клетки облученного организма становятся более устойчивыми как к последующему облучению более высокими дозами радиации, так и к воздействию других повреждающих факторов. В японской радиационной биологии последних лет широкое распространение получили исследования, связанные с биопозитивными последствиями хронического облучения организма малыми дозами радиации. Есть подобные исследования и в КНР. Данной теме посвящены многочисленные научные и научно-популярные статьи. В связи с тем, что отказ от атомной энергетики в принципе невозможен, указанные выше направ-

ления исследований представляют собой попытки по-новому осмыслить научные факты и в конечном итоге приспособиться к реальности [Shibamoto, Nakamura, 2018].

Научным полигоном для изучения последствий воздействия радиации на организм человека стала зона естественного повышенного радиационного фона Янцзян, расположенная на юге Китая. По сравнению с индивидуумами, подвергшимися профессиональному облучению, жители районов с повышенным радиационным фоном находятся под воздействием радиации во многих поколениях и на протяжении всей своей жизни. Эпидемиологические и радиобиологические исследования в районах с высоким уровнем естественной радиации позволяют непосредственно наблюдать за постоянным воздействием ионизирующего излучения на человека. Эти, а также другие исследования способствовали выходу радиационной биологии и радиационной медицины Китая на высокий международный уровень [Evidence for adaptive..., 2018].

Основным государственным органом, в ведении которого находится надзор за соблюдением безопасности объектами атомной энергетики в стране, является Национальное управление по ядерной безопасности National Nuclear Safety Administration (NNSA), созданное в 1984 г. при Китайском управлении по атомной энергии China Atomic Energy Authority (CAEA). Оно является лицензирующим и регулирующим органом, который также поддерживает международные соглашения, касающиеся гарантий безопасности и нераспространения. Управление находится в ведении Министерства охраны окружающей среды (МЕР), но имеет самостоятельные полномочия. NNSA тесно сотрудничает с Комиссией по ядерному регулированию США (NRC) в связи с использованием технологии AP1000, МАГАТЭ и ОЭСР, что придает ей международный авторитет [Nuclear power in China, 2020].

NNSA отвечает за лицензирование всех ядерных реакторов и других объектов, инспекцию безопасности, эксплуатационные правила, лицензирование транспортировки ядерных материалов, управление отходами и радиационной защитой. Управление лицензирует персонал ядерных производителей и операторов реакторов, сертифицирует компании по проектированию, производству, установке и инспекции гражданского оборудования ядерной безопасности, а также импортного оборудования. Управление отвечает за радиологическую защиту и оценку воздействия ядерных проектов на ОС (совместно с МЕР) [Nuclear power in China, 2020]. В 2019 г. Госсоветом КНР была издана Белая книга КНР по радиационной безопасности [Nuclear safety in China, 2019], в которой подчеркивается, что «атомная промышленность Китая достигла стадии безопасного и эффективного развития, открывая новый этап высококачественного прогресса для обеспечения ядерной безопасности» [Nuclear safety in China, 2019].

Заключение

Политика КНР, направленная на продвижение низкоуглеродных технологий, предполагает активное развитие атомной энергетики. Недавно страна вошла в пятерку крупнейших производителей электроэнергии на АЭС и претендует на роль мирового лидера в этой сфере. Намерения подкрепляются наличием у страны значительного опыта, длительным сотрудничеством с МАГАТЭ, ведущими атомными державами (США, Францией и Россией), разработкой собственной ядерной технологии Hualong One. Успехи Китая выглядят впечатляюще: он уже превзошел Японию и Южную Корею по числу действующих реакторов и, согласно официальным заявлениям, способен производить восемь полных комплектов реакторного оборудования в год.

После аварии на АЭС «Фукусима» ряд стран заявили о поэтапном отказе от использования атомной энергетики, но КНР не собирается отказываться от своих планов. Эксплуатация АЭС способствует решению проблем дефицита ресурсов и загрязнения атмосферы, полностью отвечает задачам социального и экономического развития страны. В современном Китае также прилагаются усилия по обеспечению радиационной безопасности в соответствии с международными стандартами и мировым опытом.

Список литературы

1. АЭС «Сюдайпу» (Китай). Строящиеся АЭС / Госкорпорация Росатом. – URL: https://rosatom.ru/production/design/stroyashchiesya-aes/index.php?sphrase_id=1650913 (дата обращения: 16.11.2020).
2. Безопасность российских АЭС / Госкорпорация Росатом. – URL: https://rosatom.ru/about-nuclear-industry/safety-russian-npp/index.php?sphrase_id=1650925 (дата обращения: 16.11.2020).
3. Во всем мире 9 человек из 10 дышат загрязненным воздухом / ВОЗ. – 02.09. – URL: <https://www.who.int/ru/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action> (дата обращения: 06.01.2021).
4. Деменко С. Атом раздора. Отказ от АЭС обходится Германии ежегодно в 12 миллиардов долларов // Российская газета. – 2020. – № 35 (8089), 18.02. – URL: <https://rg.ru/2020/02/18/otkaz-ot-aes-oboshelsia-germanii-v-12-milliardov-dollarov-v-god.html> (дата обращения: 16.11.2020).
5. Захаров А.Н., Калашников Д.Б. Экологические проблемы промышленного развития Китая // Российский внешнеэкономический вестник. – 2020. – № 1. – С. 40–50.
6. Лин Джастин Йифу. Демистификация китайской экономики / пер. с англ. М. Недоступа; под науч. ред. А. Куряева. – Москва: Мысль, 2013. – 384 с.
7. Петушкива В.В. Противоречие экономики и экологии КНР в 1990-х годах XX века. – Москва: ИВ РАН, 2008. – 202 с.

8. Петушкива В.В. Экономические аспекты современных экологических проблем КНР: дис. ... канд. экон. наук. – Москва: ИВ РАН, 2003. – 181 с.
9. Россия и Китай подписали рекордный пакет соглашений о сотрудничестве в ядерной сфере / Госкорпорация Росатом. – 2018. – 08.06. – URL: https://rosatom.ru/journalist/news/rossiya-i-kitay-podpisali-rekordnyy-paket-soglasheniya-o-sotrudnichestve-v-yadernoy-sfere/?phrase_id=1650903 (дата обращения: 16.11.2020).
10. Состоялся энергопуск блока № 4 Тяньваньской АЭС в Китае / Госкорпорация Росатом. – 2018. – 27.10. – URL: <https://rosatom.ru/journalist/news/sostoyalsya-energopusk-bloka-4-tyanvanskoy-aes-v-kitae/> (дата обращения: 16.11.2020).
11. Топливная компания Росатома «ТВЭЛ» поставит топливо для новых энергоблоков АЭС «Сюдайпу» (Китай) / Госкорпорация Росатом. – 2019. – 06.11. – URL: https://rosatom.ru/journalist/news/rossiya-i-kitay-podpisali-ispolnitelnye-kontrakty-po-sooruzheniyu-atomnykh-stantsiy-tyanvan-i-syuyda/?phrase_id=1650903 (дата обращения: 16.11.2020).
12. Adapting the energy sector to climate change / International Atomic Energy Agency. – Vienna: IAEA, 2019. – 131 p.
13. China environmental strategy paper. Report N 9669-CHA / The World Bank. – Washington, DC: World Bank, 1992. – URL: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/701931468769787538/text/multi-page.txt> (дата обращения: 21.01.2021).
14. China loads fuel at first nuclear unit with homegrown reactor / Xinhua News Agency. – 2020. – 05.09. – URL: http://english.www.gov.cn/news/photos/202009/05/content_WS5f52edd3c6d0f7257693b8bd.html (дата обращения: 16.11.2020).
15. China's nuclear fuel cycle / World Nuclear Association. – 2020. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-fuel-cycle.aspx> (дата обращения: 16.11.2020).
16. Climate change, what is the Paris Agreement? / UNFCCC. – 2015. – URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/what-is-the-paris-agreement> (дата обращения: 16.11.2020).
17. CNNC president addresses international conference on climate change / CNNC. – 2019. – 10.10. – URL: http://en.cnn.com/2019-10/10/c_446302.htm (дата обращения: 16.11.2020).
18. Country analysis executive summary: China / US Energy Information Administration. – 2017. – URL: <https://www.eia.gov/international/overview/country/CHN> (дата обращения: 16.11.2020).
19. Enerdata. Section: Coal and lignite production / Enerdata. – 2020. – URL: <https://yearbook.enerdata.net/coal-lignite/coal-production-data.html> (дата обращения: 16.11.2020).
20. Evidence for adaptive response in a molecular epidemiological study of the inhabitants of a high background-radiation area of Yangjiang, China / Su S., Zhou S., Wen C., Zou J., Zhang D., Geng J., Yang M., Liu M., Li L., Wen W. // Health Phys. – 2018. – Vol. 115, N 2. – P. 227–234.
21. Global coal production was stable in 2019, despite a 4% lift in Chinese coal production / Enerdata. – 2019. – URL: <https://yearbook.enerdata.net/coal-lignite/coal-production-data.html> (дата обращения: 16.11.2020).
22. Helping China fight air pollution, feature story / The World Bank. – 2018. – 11.06. – URL: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2018/06/11/helping-china-fight-air-pollution> (дата обращения: 16.11.2020).

23. How can nuclear combat climate change? / WNA. – 2017. – URL: <https://www.world-nuclear.org/nuclear-essentials/how-can-nuclear-combat-climate-change.aspx> (дата обращения: 16.11.2020).
24. Hualong One nuclear project in SE China's Fujian / Xinhua News Agency. – 2017. – 10.11. – URL: http://english.www.gov.cn/news/photos/2017/11/10/content_281475938036466.htm (дата обращения: 16.11.2020).
25. Hualong One reactor «worthy of promotion» / CNNC. – 2017. – 09.03. – URL: http://en.cnnc.com.cn/2017-03/09/c_446125.htm (дата обращения: 16.11.2020).
26. International day of clean air for blue sky / UNEP. – URL: <https://www.unep.org/interactive/all-you-need-to-know-air-pollution/> (дата обращения: 16.11.2020).
27. Japan has restarted five nuclear power reactors in 2018 / US Energy Information Administration. – 2018. – 28.11. – URL: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=37633> (дата обращения: 16.11.2020).
28. Moon urged to halt South Korean nuclear exit / World Nuclear Association. – 2017. – 05.07. – URL: <https://www.world-nuclear-news.org/NP-Moon-urged-to-halt-South-Korean-nuclear-exit-0507174.html> (дата обращения: 16.11.2020).
29. Nuclear explained, nuclear power plants / EIA US. – 2020. – 16.04. – URL: <https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/nuclear-power-plants.php> (дата обращения: 16.11.2020).
30. Nuclear power in China. Energy policy and clean air / WNA. – 2020. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx> (дата обращения: 16.11.2020).
31. Nuclear power in China. Nuclear growth / WNA. – 2020. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx> (дата обращения: 16.11.2020).
32. Nuclear power in China. Nuclear power / WNA. – 2020. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx> (дата обращения: 16.11.2020).
33. Nuclear power in China. Post-Fukushima review / WNA. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx#PostFukushimaReview> (дата обращения: 16.11.2020).
34. Nuclear power in China. Regulation and safety / WNA. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx> (дата обращения: 16.11.2020).
35. Nuclear power in Taiwan / WNA. – URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/nuclear-power-in-taiwan.aspx> (дата обращения: 16.11.2020).
36. Nuclear safety in China / The State Council Information Office of the People's Republic of China. – Beijing: Foreign Languages Press Co. Ltd., 2019. – 32 p.
37. People's Republic of China. Power reactor information system / IAEA. – 2019. – URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=CN> (дата обращения: 16.11.2020).
38. Population and its consumption, Tab. 2–1. China statistical yearbook, 2019 / National Bureau of Statistics of China. – 2019. – URL: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm> (дата обращения: 16.11.2020).

39. Power reactor information system brochure. PRIS / IAEA. – 2019. – URL: <https://pris.iaea.org/pris/> (дата обращения: 16.11.2020).
40. Power reactor information system, France / IAEA. – 2020. – 20.11. – URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=FR> (дата обращения: 21.11.2020).
41. Power reactor information system, Japan / IAEA. – 2020. – 20.11. – URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=JP> (дата обращения: 21.11.2020).
42. Power reactor information system, Russian Federation / IAEA. – 2020. – 20.11. – URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU> (дата обращения: 21.11.2020).
43. Power reactor information system, Taiwan, China / IAEA. – 2020. – 20.11. – URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=TW> (дата обращения: 21.11.2020).
44. Shibamoto Y., Nakamura H. Overview of biological, epidemiological, and clinical evidence of radiation hormesis // Internat. j. of molecular sciences. – 2018. – № 19 (8): 2387. – P. 1–16. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6121451/> (дата обращения: 28.06.2020).
45. Technically recoverable shale oil and shale gas resources: China / US Energy Information Administration. – 2015. – 58 p. – URL: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/China_2013.pdf (дата обращения: 16.11.2020).
46. The economic consequences of outdoor air pollution / OECD. – Paris, 2016. – URL: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264257474-en> (дата обращения: 16.11.2020).
47. The situation at Fukushima / WNA. – URL: <https://www.world-nuclear.org/focus/fukushima/the-situation-at-fukushima.aspx> (дата обращения: 16.11.2020).
48. Total production of energy and its composition Tab. 9–1. China statistical yearbook, 2019 / National Bureau of Statistics of China. – 2019. – URL: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm> (дата обращения: 16.11.2020).
49. Towards a pollution-free planet: background report / UNEP. – 2017. – 123 p. – URL: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21800/UNEA_towardspollution_long%20version_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата обращения: 16.11.2020).
50. Walker B., Liu Qin. The hidden costs of China's shift to hydropower // The Diplomat. – 2015. – 29.07. – URL: <https://thediplomat.com/2015/07/the-hidden-costs-of-chinas-shift-to-hydropower> (дата обращения: 16.11.2020).
51. Zheng Xin. China, Russia to ink deal for two nuclear reactors in Liaoning / The State Council of the People's Republic of China. – 2019. – 15.05. – URL: http://english.www.gov.cn/news/international_exchanges/2019/05/15/content_281476661453342.htm (дата обращения: 16.11.2020).