

**АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ  
ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ  
ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В КИТАЕ**

DOI: 10.47711/2076-318-2020-231-252

*Анализ энергобаланса Китая.* Китай является страной с самым большим населением в мире (1386,4 млн. чел. в 2017 г. по данным Всемирного банка). Его совокупное энергопотребление составляет около 3,1 млрд. т нэ., что означает около 2,21 т нэ/чел. в год. Это выше, чем подушное потребление в среднем по миру и в странах, не входящих в ОЭСР (1,85 и 1,37 т нэ/чел. в год соответственно), однако почти в 2 раза ниже, чем подушное потребление в странах ОЭСР (4,10 т нэ/чел. в год) и более чем в 3 раза ниже, чем подушное потребление в США (6,70 т нэ/чел. в год).

В структуре энергобаланса преобладает собственный уголь (табл. 1). В 2017 г. он занимал 73% в производстве первичной энергии и 64% в совокупном потреблении первичной энергии. Доля в потреблении ниже, так как в структуру первичного энергопотребления добавляются импортные энергоресурсы: уголь, нефть и газ.

Уголь также является основным топливом для электростанций (79% совокупного потребления) и для котельных (46% совокупного потребления). Значимы объемы его потребления в промышленности – 53% и в качестве сырья для химии и на неэнергетические нужды – 28%. Около 8% всего потребляемого угля импортируется.

Вторым по значимости энергоресурсом для КНР является нефть. Нефть занимает 7,8% (притом, что Китай седьмой производитель нефти в мире, по данным ВР) в производстве первичной энергии и 19% в совокупном потреблении. Более двух третей (70%) потребляемой нефти импортируется, что составляет 64% всех импортируемых первичных энергоресурсов. Нефть является основным топливом для транспорта (90% совокупного потребления), а также широко используется в качестве сырья для химии и на неэнергетические нужды (62% совокупного потребления в

этом секторе). Самыми востребованными нефтепродуктами являются автомобильный бензин и дизельное топливо.

Таблица 1

## Упрощенный энергобаланс КНР, 2017 г., млн. т нэ

Показатель	Уголь	Газ	Нефть	Нефте- продукты	ВИЭ, кроме био-массы	Био-масса	Электро- энергия	Тепло	Всего
<b>Производство первичных энергоресурсов</b>	1786	124	192	0	164	114	0	0	2450
Чистый экспорт (-) / импорт (+)	148	59	415	27	0	0	0	0	663
<b>Потребление пер- вичных энерго- ресурсов</b>	1960	174	589	-17	164	114	0	0	3077
Электростанции	-1078	-36	0	-2	-132	-32	571	94	-690
Котельные	-8	0	0	-3	1	-1	0	11	-2
Переработка нефти	0	0	-586	572	0	0	0	0	-15
Потери и прочие преобразования	-225	-24	1	-36	0	0	-90	-14	-390
<b>Конечное потреб- ление</b>	665	114	1	517	33	81	480	96	2004
Промышленность	519	43	1	51	0	0	297	64	988
Транспорт	0	17	0	281	0	2	11	0	313
Население	48	32	0	42	26	78	79	25	335
Прочие сектора	35	11	0	18	1	0	59	4	118
Потребление в каче- стве сырья для хи- мии и на неэнерге- тические нужды	45	10	0	108	0	0	0	0	162

Источник: IEA World Energy Balances – 2019.

Природный газ в КНР занимает 5,1% в производстве первичной энергии и 6,4% в совокупном потреблении первичной энергии, что составляет 124 и 198 млн. т нэ соответственно. Используется в основном промышленностью (28,3% всего потребления), населением (17,8%), а также в качестве топлива для электростанций (20,2%).

Достаточно существенно потребление биомассы в КНР – 114 млн. т нэ в 2017 г. Однако оно сокращается – почти в два раза с 1990 г. За 1990-2017 гг. потребление биомассы сократилось почти в два раза, а доля этого вида топлива в энергобалансе снизилась с 22,7 до 3,7%.

Биомасса потребляется в основном населением – 68,9% (при этом доля падает со 100% в 2004 г.), а также электростанциями -

28%. Незначительный объем биомассы используется котельными для производства тепла, а также дорожным транспортом. Вся потребляемая биомасса производится внутри страны.

Таким образом, Китай на 80% закрывает собственные потребности в первичных энергоресурсах – главным образом за счет собственного производства угля, который используется в основном при производстве электроэнергии. Однако по другим видам первичных энергоресурсов (нефть и газ) доля импорта высока и имеет тенденцию к росту вслед за ростом потребностей экономики в этих ресурсах.

***Анализ процессов производства и потребления первичных энергоресурсов в Китае в 1990-2017 гг.***

*Добыча и потребление угля.* За период 1990-2017 гг. в КНР значительно выросло потребление угля, как в абсолютном (более чем в 3,5 раза, с 536 млн. т нэ до 1960 млн. т нэ в 2017 г.), так и в относительном выражении (доля угля в энергобалансе страны увеличилась с 61 до 64%). Тем не менее, в последние годы правительство страны проводит политику по вытеснению угля альтернативными источниками энергии, такими как газ и ВИЭ, в результате чего потребление угля в 2014-2016 гг. снижалось (максимум потребления был достигнут в 2013 г.: 2034 млн. т нэ, максимальная доля угля в энергобалансе была достигнута еще раньше: 71,2% в 2011 г.).

Производство угля показывает схожую динамику с потреблением (прирост в абсолютном выражении с 518 до 1786 млн. т нэ; в относительном с 58,8 до 72,9% всех добытых энергоресурсов). Пик добычи угля в стране пришелся на 2014 г. (1902 млн. т нэ), в относительном выражении на 2011 г. (78,1%). В 2014-2016 гг. производство угля падало из-за политики страны по закрытию убыточных мелких угольных шахт. Более ранний пик доли угля в производстве первичных энергоресурсов связан с увеличением добычи газа, а также с развитием возобновляемых источников энергии.

Тем не менее, по данным IHS<sup>1</sup>, в 2017-2019 гг. выросло как производство, так и импорт угля в Китай (рис. 1). Наблюдался рост спроса на уголь в секторе электроэнергетики (правительство КНР слишком быстро закрывало угольные электростанции в 2015-2016 гг. [1], что привело к веерным отключениям электроэнергии в некоторых городах [2]), а также в качестве исходного

---

<sup>1</sup> IHS Coal Data Tables.

сырья (что связано со значительными ресурсами этого топлива в стране, а также с необходимостью поддерживать занятость во внутренних провинциях). В 2019 г. по отношению к 2018 г., по оценке IHS, производство угля возросло на 3,8%, а импорт – на 6,8%. Прогнозируется, что в 2020 г. даже, несмотря на пандемию коронавируса, спрос на уголь и его импорт в китайской экономике останется стабильным, в 2021 г. спрос на уголь, по прогнозу IHS, возрастет на 2% г/г.

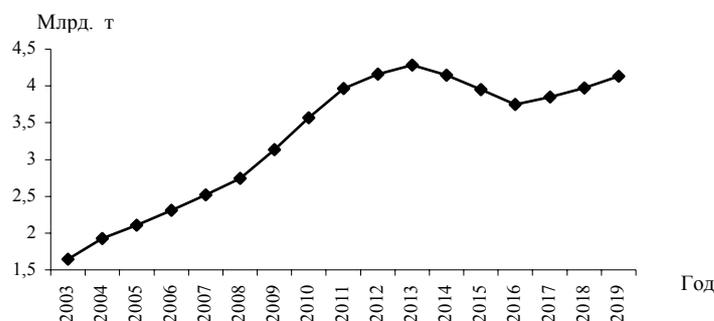


Рис. 1. Потребление угля в КНР

Источник: IHS Coal Data Tables.

В связи с этим на данный момент нет явных тенденций роста или падения потребления угля в КНР, что создает большую неопределенность в построении прогнозных оценок спроса на этот вид топлива. В частности, разброс оценок в спросе на уголь в КНР в 2040 г., по прогнозам МЭА, выпущенных в 2014-2019 гг., достигает почти 500 млн. т нэ (рис. 2). При этом в прогнозах 2016-2018 гг. утверждалось, что пик потребления уже пройден, и далее ожидалось сокращение потребления угля в китайской экономике, то в прогнозе от 2019 г. специалисты МЭА ожидают роста спроса на уголь до 2025 г.

Таким образом, уголь останется основным энергоресурсом в КНР по крайней мере до 2040 г. В связи с ростом экономики и соответствующим снижением социальной напряженности в стране Китай может отказаться от угля низкого качества, добываемого на шахтах в «бедных» северо-восточных районах страны и уве-

личить поставки импортного угля из Австралии, России, Индонезии, Монголии и других стран.

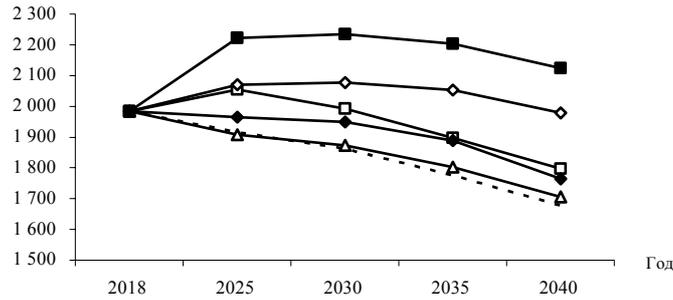


Рис. 2. Прогнозы потребления угля в КНР:  
 -□- 2019; ---- 2018; -△- 2017; -◆- 2016; -◇- 2015; -■- 2014

Источник: IEA World Energy Outlook, выпущенные в 2014-2019 гг.

*Добыча и потребление нефти.* Потребление нефти в стране растет более быстрыми темпами, чем потребление угля. За 1990-2017 гг. данный показатель вырос в 5 раз, с 118 до 589 млн. т нэ, а в относительном выражении доля нефти в энергобалансе увеличилась с 13,3 до 19,1%. При этом производство нефти выросло в абсолютном выражении менее чем в полтора раза, с 138 до 192 млн. т нэ. Недостающий объем нефти стал компенсироваться за счет поставок нефти из других стран. Это привело к тому, что КНР из нетто-экспортера нефти превратилась в нетто-импортера этого энергоресурса. Нетто-импорт вырос с -21 млн. т нэ в 1990 г. до 415 млн. т нэ в 2017 г. Несмотря на призывы руководства КНР нарастить внутреннюю добычу, производство нефти в стране падает с 2016 г., что приводит к двузначным годовым темпам роста импорта этого энергоресурса - в 2018 г. импорт вырос на 10%, за 2003-2017 гг. среднегодовые темпы роста импорта составили 12%.

*Автотранспорт и потребление моторных топлив.* Баланс нефтепродуктов в КНР претерпел значительные изменения с 1990 по 2017 г. В 1990 г. 110 млн. т нэ нефти пошло на нефтепереработку (а потребление нефти в целом составило 118 млн. т нэ). В балансе нефтепродуктов наибольшая доля приходилась на мазут (30,2%, или 32,7 млн. т нэ), который использовался как топливо для электростанций и котельных (более трети всего потреб-

ления мазута), а также в промышленности и в нефтехимии. Также, производились значительные объемы дизельного топлива (24,6%, или 26,6 млн. т нэ), который использовался в секторе услуг (чуть больше половины всего потребления этого топлива), а также в промышленности и на транспорте. Чуть больше 20% выпуска нефтепродуктов (22,4 млн. т нэ) занимал бензин, почти весь объем которого использовался как топливо для дорожного транспорта. Экспортно-импортные потоки нефтепродуктов были незначительными.

В 2017 г., как и ранее, основные потребности КНР в нефтепродуктах удовлетворялись за счет внутреннего производства, которое составило 577 млн. т нэ (на НПЗ пошло 585 млн. т сырой нефти, что говорит об относительно высоком качестве китайских НПЗ).

В 2017 г. 57% производства нефтепродуктов пришлось на дизельное топливо (32,6%, или 186 млн. т нэ) и бензин (24,4%, или 139 млн. т нэ). Также в стране было произведено 104 млн. т нэ нафты и СУГов, 82 млн. т нэ прочих нефтепродуктов (битум, уайт-спирит и т.д.), 44 млн. т нэ авиатоплива и 20 млн. т нэ мазута.

Чистый импорт нефтепродуктов составил 27 млн. т нэ, или 4,7% общего потребления, при этом по некоторым нефтепродуктам этот показатель отрицательный. КНР экспортирует преимущественно светлые нефтепродукты, такие как автомобильный бензин (чистый экспорт в 2017 г. 10 млн. т нэ), дизельное топливо (11 млн. т нэ) и авиатопливо (3 млн. т нэ), а импортирует нефть, СУГ (29 млн. т нэ, 28% всего потребления в стране), мазут (10 млн. т нэ, 50% потребления) и прочие нефтепродукты (12 млн. т нэ, 15% потребления).

Как видно, структура производства и потребления менялась в сторону увеличения доли легких нефтепродуктов. При этом сдвиг в сторону производства легких нефтепродуктов (в частности, большей доли дизельного топлива) произошел раньше аналогичного сдвига в потреблении. Это привело к увеличению импорта мазута (так, например, в 2004 г. импорт мазута составил 33 млн. т нэ, а производство 20 млн. т нэ).

Существенные изменения произошли в структуре потребления дизельного топлива. Самым крупным потребителем этого нефтепродукта стал транспортный сектор (росту потребления сопутствовал рост экономики, который обеспечил увеличение спроса на грузотранспортные перевозки), а не промышленность, как в начале анализируемого периода.

Основным потребителем нефтепродуктов в КНР в настоящее время является транспортный сектор (54% общего объема потребления, или 281 млн. т нэ в 2017 г.), при этом 228 млн. т нэ было израсходовано дорожным транспортом (легковые и грузовые автомобили и проч.). Существенный объем нефтепродуктов используется нефтехимическим сектором (11%, или 65 млн. т нэ), промышленностью (9%, или 51 млн. т нэ), а также населением (7%, или 42 млн. т нэ).

Практически весь объем бензина, а также почти три четверти объема дизельного топлива потребляется в транспортной отрасли (остальное – в секторе услуг и промышленности). Мазут используется преимущественно в международной, а также во внутренней бункеровке (флотский мазут). Нафта и СУГ используются в нефтехимии, а также населением.

За 2000-2017 гг. в КНР существенно вырос автопарк (как легковых, так и грузовых автомобилей). Количество легковых автомобилей при этом за 2002-2017 г. увеличилось более чем в 15 раз (со среднегодовыми темпами прироста 20,0%), с 12,0 до 185,2 млн. ед., а количество грузовых автомобилей за тот же период времени выросло почти в 3 раза (со среднегодовыми темпами прироста 7,1%), с 12,8 до 35,6 млн. ед. Стоит отметить, что в Китае самый большой в мире парк электромобилей – 1,23 млн. ед.

Несмотря на то, что импорт преобладает в потреблении сырой нефти в КНР (70% в 2017 г.), диверсификация каналов поставок, особые политические отношения со странами-экспортерами (Иран, Россия), а также наращивание стратегических запасов нефти (по состоянию на конец 2019 г. коммерческие и государственные стратегические запасы нефти составляли, по данным IHS, около 850 млн. барр., что составляет около 7% годового потребления нефти в КНР) позволяют стране добиться относительной энергетической безопасности в нефтяном секторе. Подобная стратегия возможна и в газовом секторе (где по состоянию на 2019 г. доля импорта составила 44%, идет диверсификация как поставок СПГ, так и трубопроводного газа, ведется строительство подземных хранилищ газа и хранилищ газа на регазификационных терминалах), и в угольном секторе.

Таким образом, с учетом того, что доля импортной нефти в КНР превышает 70%, а оценочная емкость нефтехранилищ не превышает 1000 млн. барр. (около 22% годового потребления сырой нефти), для

нужд своей экономики Китай может себе позволить рост доли импорта в поставках остальных энергоресурсов (газ, уголь).

*Добыча и потребление природного газа.* И производство, и потребление природного газа в КНР в 1990-2017 гг. росло быстрыми темпами. Производство увеличилось с 13 до 124 млн. т нэ (до 148 млрд. куб. м); потребление с 13 до 198 млн. т нэ, или до 239 млрд. куб. м. В связи с тем, что добыча газа не успевает удовлетворять растущие потребности в этом виде топлива, стремительно растет импорт газа в Китай (с 0 млн. т нэ в 2005 г. до 74 млн. т нэ в 2017 г., или до 95 млрд. куб. м).

По данным IHS<sup>2</sup>, за 2016-2019 гг. импорт газа в страну вырос на 78,4%, до 124,9 млрд. куб. м. При этом добыча газа за тот же промежуток времени выросла на 26,6%, до 173,1 млрд. куб. м. В результате доля собственного топлива в потреблении КНР снизилась с 65,7% в 2016 г. до 57,2% в 2019 г.

Около 62% импорта природного газа в 2019 г. пришлось на СПГ (табл. 2), основными поставщиками которого являются Австралия (46% всего импорта СПГ в 2019 г., 38,3 млрд. куб. м) и Катар (14%, 13,8 млрд. куб. м), существенные объемы поставок пришлось на Индонезию и Малайзию. Остальной объем импорта обеспечили поставки трубопроводного газа, около двух третей (66%, или 33,2 млрд. куб. м) которых пришлось на газ из Туркменистана, также в страну поставляется газ из Узбекистана, Казахстана и Мьянмы. В декабре 2019 г. начались поставки трубопроводного газа из России по газопроводу «Сила Сибири».

Таблица 2

## Импорт газа в КНР, 2016-2019 гг., млн. куб. м

	Трубопровод				СПГ				
	Туркменистан	Узбекистан	Казахстан	Мьянма	Австралия	Катар	Малайзия	Индонезия	Прочие
2016	29834	4364	434	3945	16601	6857	3569	3847	5193
2017	33801	3576	1117	3471	23944	10327	5811	4235	8479
2018	34929	6618	5876	3060	32450	12736	7982	6762	14435
2019	33184	5101	7073	4714	38298	11474	9504	6248	17558

Источник: IHS Natural Gas Data Tables.

<sup>2</sup> IHS Natural Gas Data Tables

Несмотря на консенсус со стороны экспертного сообщества по поводу роста потребления газа в КНР в кратко- и среднесрочной перспективе, его темпы будут зависеть от многих факторов, таких как энергетическая политика КНР (пятилетние планы экономики, долгосрочные стратегии по декарбонизации энергетики), развитие внутренней газодобычи (преимущественно сланцевого газа), относительная стоимость газового топлива на мировых рынках, возможности по модернизации существующих угольных ТЭЦ, снижение капитальных затрат и стоимости эксплуатации ветровых и солнечных источников энергии. Среднегодовые темпы роста потребления газа в КНР за 2018-2040 гг. будут в диапазоне 2-4% г/г, основной рост придется на 2018-2025 гг.

КНР является нетто-импортером всех ископаемых видов энергоресурсов, что связано с крупным размером китайской экономики и ее высокой энергоемкостью. При этом доля импорта угля в конечном потреблении в 2018 г., по данным МЭА, составила 8,4%, доля импорта газа 43,1%, доля импорта нефти 73,3%. Таким образом, при наличии потребности экономики в энергоресурсах КНР может нарастить их экспорт. Энергобезопасность страны в этом случае будет достигаться с помощью таких инструментов как диверсификация каналов поставок, создание системы хранилищ энергоресурсов (нефте- и газохранилищ), развитие спотовой торговли.

#### ***Анализ развития электроэнергетики в Китае в 1990-2017 гг.***

*Динамика генерации электроэнергии.* Потребление первичных энергоресурсов в электроэнергетике за 1990-2017 гг. в КНР выросло в 8 раз, со 161 млн. т нэ до 1355 млн. т нэ, при этом выработка электроэнергии за тот же период увеличилась в 10,2 раз, с 650 до 6639 млрд. кВт·ч, среднегодовые темпы роста составили 9%. Это значит, что вместе с объемами потребления растет и эффективность генерации.

По этому показателю для топливных (газовых и угольных) электростанций Китай соответствует среднемировым показателям, но уступает развитым странам (табл. 3).

В табл. 3 показан условный показатель, отражающий соотношение выработанной электроэнергии и потраченного топлива.

## Условная эффективность тепловых электростанций\*, 2017 г.

Эффективность	Китай-2000	Китай-2010	Китай	Мир	США	Россия**	ЕС-28
Угольных ЭС	3,74	3,94	4,18	4,19	4,28	3,48	4,28
Газовых ЭС	4,84	5,54	4,74	4,90	5,78	3,37	5,81

\* Эффективность рассчитывается как отношение произведенной электроэнергии (в ГВт·ч) к израсходованному топливу (в млн т нэ). Чем выше, тем эффективнее.  
 \*\* Для России показатель занижен из-за не учета в числителе производства тепла на электростанциях.

Источник: расчет автора по данным IEA World Energy Balances 2019.

**Анализ структуры потребления первичных энергоресурсов в электроэнергетике.** Основным видом топлива, используемым для генерации электроэнергии, является уголь (рис. 3). За 1990-2017 гг. его потребление в электроэнергетике выросло почти в 8 раз, со 138 до 1078 млн. т нэ.

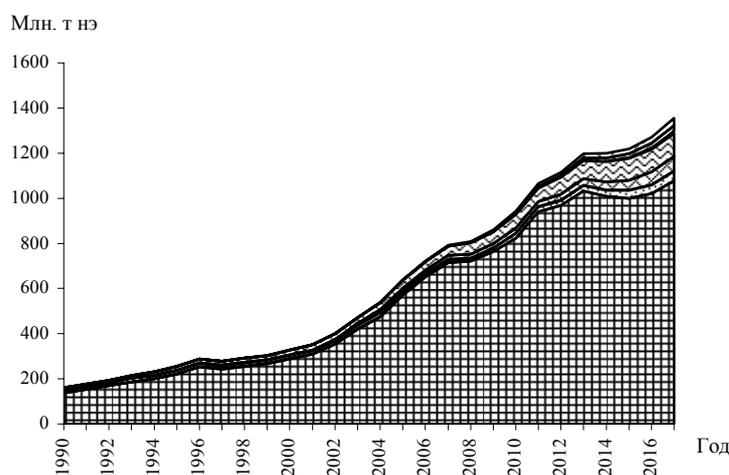


Рис. 3. Потребление первичных энергоресурсов в электроэнергетике:  
 ■ уголь; □ газ; □ атомная энергия; □ гидроэнергия; □ ветровая; □ биотопливо

Источник: IEA World Energy Balances 2019.

Хотя доля угля в электробалансе страны за 1990-2017 гг. снизилась (рис. 4), он все равно остается доминирующим энергоресурсом в балансе топлив для электростанций (ЭС) (с долей 79,6% в 2017 г.). Пик доли угля в электробалансе был достигнут в 2007 г. (90,3%). Выработка электроэнергии на угольных ЭС за 1990-2017 гг. увеличилась с 470 до 4509 млрд. кВт·ч.

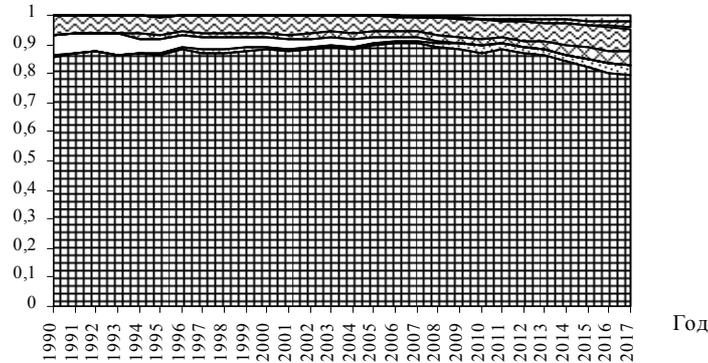


Рис. 4. Структура потребления первичных энергоресурсов в электроэнергетике КНР:  
 ▨ уголь; ▩ газ; □ нефтепродукты; ▤ атомная энергия;  
 ▦ гидроэнергия; ▧ ветровая; ▨ биотопливо

Источник: IEA World Energy Balances 2019.

Существенная доля электроэнергии приходится также на ГЭС, АЭС, газовые ЭС и ВИЭ, однако, доля генерации на каждом виде не превышает 10%.

Несмотря на небольшую долю в данный момент, значительные перспективы для роста в будущем имеют газовые электростанции (газ занимал 3,1% в балансе первичных энергоресурсов в электроэнергетике в 2017 г., при этом выработка электроэнергии составила 196 млрд. кВт·ч, или 4,4% в общей генерации), а также возобновляемые источники энергии (в том числе на биомассе: 2,4% в балансе первичных ЭР в электроэнергетике в 2017 г., выработка 93 млрд. кВт·ч; ветровая энергетика: 1,9% в 2017 г., 295 млрд. кВт·ч соответственно; солнечная энергетика: 0,8% в 2017 г., 131 млрд. кВт·ч соответственно) (см. рис. 5, 6).

*Гидроэнергетика.* Вторым по значимости (после угля) источником электроэнергии являются ГЭС (рис. 5). Их доля в электробалансе на протяжении 1990-2017 гг. оставалась стабильной - порядка 7% (рис. 6).

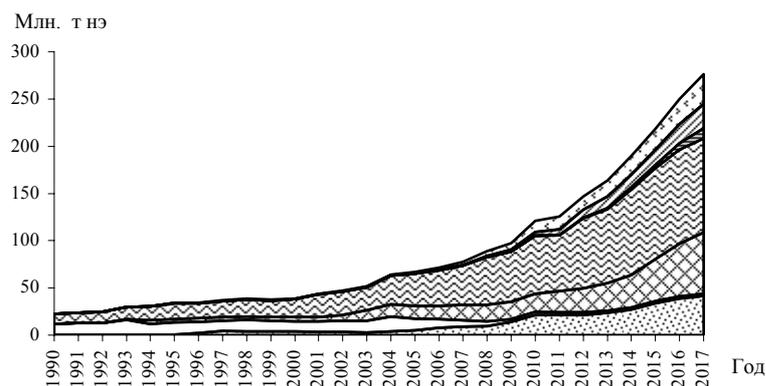


Рис. 5. Потребление ПЭР, без учета угля, в электроэнергетике КНР:

☐ газ; □ нефтепродукты; ☒ атомная энергия;  
 ☒ гидроэнергия; ■ солнечная; ▨ ветровая; ☐ биотопливо

Источник IEA World Energy Balances 2019.

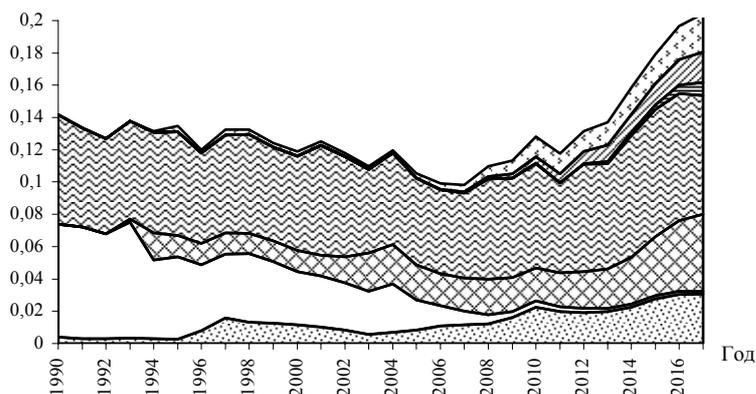


Рис. 6. Структура потребления ПЭР в электроэнергетике КНР:

☐ газ; □ нефтепродукты; ☒ атомная энергия;  
 ☒ гидроэнергия; ■ солнечная; ▨ ветровая; ☐ биотопливо

Источник IEA World Energy Balances 2019.

Выработка электроэнергии на них за тот же промежуток времени увеличилась в 9 раз, с 11 до 99 млн. т нэ (со 127 до 1157 млрд. кВт·ч).

Структура выработки электроэнергии на ГЭС в Китае показана в табл. 4

Таблица 4

Крупнейшие ГЭС Китая

	Мощность, ГВт	Генерация, ТВт·ч
«Три ущелья»	22,5	98,8
«Силоду»	13,86	55,2
«Сянцзяба»	6,448	30,7
«Лунтань»	6,426	18,7
«Ночжаду»	5,85	23,9
«Цзиньпин-2»	4,8	24,2
Остальные	248,9	981,3

Источник: сайты компаний-операторов ГЭС.

В КНР расположена крупнейшая в мире ГЭС «Три ущелья» установленной мощностью 22,5 ГВт. В 2014 г. на ней было произведено 98,8 млрд. кВт·ч, что является мировым рекордом годового отпуска электроэнергии на ГЭС (в среднем отпуск составляет 88,2 млрд. кВт·ч). Второй в Китае (и третьей в мире) по установленной мощности (13,9 ГВт) является ГЭС «Силоду». В среднем на ней производится около 57 млрд. кВт·ч электроэнергии в год. Оператором обеих ГЭС является государственная компания «China Yangtze Power».

Дальнейшее развитие генерации электроэнергии на ГЭС связано со строительством электростанций в Юго-Западном Китае вдоль рек Цзиньша, Ну, Ланкан, и других. Перспективным регионом для строительства ГЭС является Тибетский район, однако развитие гидроэлектроэнергетики в этом районе сдерживается геополитическими соображениями и хрупкой экосистемой.

В августе 2017 г. начато строительство ГЭС «Дамба Байхэтань», которая, как предполагается, станет второй крупнейшей ГЭС в мире с установленной мощностью 16 ГВт.

Согласно прогнозам международных агентств, в 2040 г. генерация электроэнергии на ГЭС составит 1500-1600 млрд кВт·ч. При этом согласно одним прогнозам (МЭА, IHS и др.) выработка электроэнергии на ГЭС будет расти линейными темпами до 2040 г., согласно другим прогнозам (EIA), выработка достигнет максимума в 2025-2030 гг., оставаясь затем стабильной до 2040 г.

*Атомная энергетика.* Значительное количество электроэнергии производится на атомных электростанциях. В 2017 г. их доля в энергобалансе составила 4,8% (производство электроэнергии 248 млрд. кВт·ч). А в начале рассматриваемого периода на атомных ЭС электроэнергия не производилась. Большинство АЭС в Китае имеют водо-водяные ядерные реакторы. Также есть 1 экспериментальная АЭС с реактором-размножителем мощностью 25 МВт, 1 АЭС с высокотемпературным газоохладяющим реактором и 1 АЭС с тяжеловодным ядерным реактором.

Самой большой электростанцией, работающей на ядерном топливе, является АЭС Янцзян с 5-ю энергоблоками суммарной установленной мощностью 5,1 ГВт (поставщиком ядерного топлива является китайская национальная ядерная корпорация (CNNC), производителем ядерной паропроизводящей установки является компания Dongfang Electric Corporation (DEC)).

Крупными АЭС мощностью около 4 ГВт являются также электростанции Хунъянхэ (мощность 4,2 ГВт, ядерное топливо поставляет CNNC, ядерную установку поставляет DEC), Циньшанская (мощность 4,1 ГВт, ядерное топливо и ядерную установку поставляет CNNC), Ниндэ (мощность 4,1 ГВт, ядерное топливо поставляет CNNC, ядерную установку поставляет DEC) Фуцин (мощность 4,0 ГВт, ядерное топливо поставляет CNNC, ядерную установку поставляет DEC), Тяньванская (мощность 4,0 ГВт, ядерное топливо поставляет ТВЭЛ, ядерную установку поставляет Росатом) и др. Большинство АЭС в Китае работают на китайских ядерных установках, однако на некоторых электростанциях работают также американские ядерные паропроизводящие установки (производства Westinghouse), французские (производства Areva) и российские (производства Росатом).

Атомная энергетика является важным чистым источником электроэнергии для страны. Согласно 13 пятилетнему плану [3], совокупная мощность АЭС в Китае должна составить 58 ГВт к 2020 г., при этом еще 30 ГВт должны быть в стадии строительства. На конец 2017 г. в стране было установлено 36 ГВт мощностей АЭС, при этом 23 ГВт были на стадии строительства. По прогнозу IHS, в 2050 г. ядерная электроэнергетика будет занимать 12% общей генерации электроэнергии и 5% установленных мощностей по выработке.

*ВИЭ.* Производство электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии (помимо ГЭС, где значительный объем

отпуска наблюдался и ранее) растет темпами, близкими к экспоненциальным (см. рис. 5). Так, ветровая генерация выросла с 6 млрд. кВт·ч в 2007 г. до 295 млрд. кВт·ч в 2017 г., солнечная генерация выросла с нулевых значений до 131 млрд. кВт·ч в 2007-2017 гг., генерация на основе биотоплива (по большей части это твердое топливо) выросла с 10 до 93 млрд. кВт·ч за тот же период времени. И эти тенденции продолжают продолжаться.

В 2018-2019 гг. производство электроэнергии на ветровых электростанциях выросло еще на 38%, до 405,7 млрд. кВт·ч в 2019 г. (5,5% всей генерации), на солнечных электростанциях – на 71%, до 405,7 млрд. кВт·ч в 2019 г. (3,1% всей генерации). Производство электроэнергии на ветровых и солнечных электростанциях является одним из наиболее перспективных направлений развития электроэнергетики в Китае: по прогнозу China National Renewable Center [4], в 2035 г. отпуск электроэнергии на ветровых электростанциях достигнет 5,2 трлн. кВт·ч, на солнечных – 2,4 трлн. кВт·ч, в 2050 г. на ветровых электростанциях достигнет 7,6 трлн. кВт·ч, на солнечных – 3,4 трлн. кВт·ч.

**Сравнение прогнозов производства электроэнергии в разрезе первичных энергоресурсов.** Согласно основным сценариям прогнозов мировых аналитических центров (МЭА, IHS, BP, IEЕJ, CNPC, ИНЭИ РАН, EIA), выработка электроэнергии в Китае в 2017-2040 гг. вырастет почти вдвое: с 5,9 трлн. кВт·ч до 10-12 трлн. кВт·ч (рис. 7).

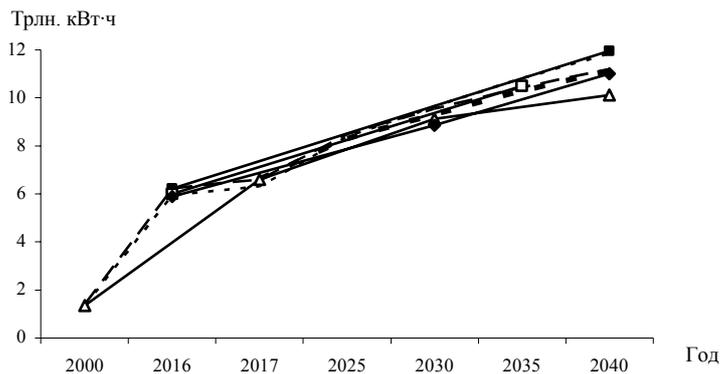


Рис. 7. Прогнозы производства электроэнергии в КНР в 2017-2040 гг.  
 --- МЭА; ---- IHS; -■- BP; -△- IEЕJ; -□- CNPC; -◆- ИНЭИ; - - - EIA,  
 Источники: Прогнозы МЭА, IHS, CNPC, EIA, IEЕJ, ИНЭИ РАН.

Стоит отметить, что диапазон выработки электроэнергии находится в довольно узком интервале 11-12 трлн. кВт·ч для всех прогнозов, кроме ИЕЕJ (10,1 трлн. кВт·ч).

Тем не менее, в структуре генерации произойдут серьезные изменения в сторону увеличения доли возобновляемых энергоресурсов и природного газа (табл. 5).

Таблица 5

Структура выработки электроэнергии в КНР, 2018 и 2040 г., %

Показатель	2018 г.	МЭА-2040	IHS-2040	CNPC-2040	EIA-2040	IEEJ-2040
Уголь	78	40	37	41	34	35
Газ	3	9	7	11	7	7
Нефть	0,5	0	0	0	0	0
ГЭС	7	14	14	15	14	16
АЭС	5	9	10	9	8	7
Ветровая энергия	2	12	16	10	17	23
Солнечная энергия	1	12	11	11	20	9
Прочее	2,5	4	5	3	0	2

Источники: Прогнозы МЭА, IHS, CNPC, EIA, IEEJ.

Доля природного газа в структуре генерации возрастает до 7% в прогнозах IHS, EIA, IEEJ, в других прогнозах она увеличится до 9-11%.

По поводу доли ГЭС и АЭС у международных агентств существует консенсус – доля выработки на ГЭС в балансе электроэнергии составит 14-16%, доля выработки на АЭС – 7-10%.

Существенно различаются прогнозные доли угля, а также доли выработки на ветровых и солнечных электростанциях. Этими энергоресурсами замыкается баланс топлив. Это говорит о существовании неопределенности в прогнозных оценках замещения угольной электроэнергетики возобновляемыми источниками энергии. И в зависимости от выбранного сценария институты и агентства представляют свое видение структуры генерации в Китае.

**Прогноз потребления энергоресурсов в электроэнергетике и формирование сценариев.** Рассмотрим развитие электроэнергетики Китая на перспективу до 2050 г. Для прогнозов используется имитационная модель прогнозирования спроса на энергоре-

сурсы (ЭР) типа «bottom-up» (см. более подробно<sup>3</sup>). По этапам это выглядит следующим образом.

1. Сначала определяется потребность в энергоресурсах в пяти секторах конечного потребления – население, промышленность, транспорт, химический сектор, прочие виды (это преимущественно услуги). Для этого используются различные регрессионные, имитационные, сценарные параметры и соотношения. В основном применяются кривые удельного потребления каждого энергоресурса в каждом секторе, которые умножаются на соответствующий параметр перспективной динамики сектора (прогнозные значения численности населения, объема добавленной стоимости в секторах экономики, численности автопарка). Также активно используются гипотезы об эволюции структуры энергопотребления с замещением менее современных ЭР на более прогрессивные – природный газ, электроэнергию, биомасса/биотопливо (как безуглеродный источник), и учитывается специфика секторов. При этом учитываются целевые установки, принятые властями КНР в различных стратегических планах (Революция в энергопотреблении и энергопроизводстве до 2030 г., Стратегическое видение до 2050 г. и др.), а также планы по вводу мощностей АЭС и ГЭС.

В сумме это определяет конечное потребление ЭР, которое состоит из потребления как преобразованных и переработанных ЭР (тепло- и электроэнергия, нефтепродукты), так и первичных ЭР (уголь, нефть, природный газ, биомасса и отходы).

2. На втором этапе рассчитывается, сколько нужно первичных ЭР для производства преобразованных и переработанных ЭР, оцененных на первом этапе.

Акцент сделан на электростанциях.

Сначала формируется баланс электроэнергии с учетом потерь и собственных нужд, импорта и экспорта (как доли от совокупного потребления и производства, соответственно), и дается оценка отпуска тепловой энергии от электростанций. Затем под сформированное значение совокупного производства электроэнергии оценивается ее структура генерации.

Сектор нефтепереработки и собственных потребностей ТЭК выполнены в упрощенном виде – в них оцениваются потери неф-

<sup>3</sup> *Материалы Энергетического семинара ИПП РАН. Семикашев В.В., Колтаков А.Ю. Построение согласованных сценариев мировых производства, потребления и цены нефти. (ИПП РАН). 29 марта 2016 г*

тепродуктов, нефти, угля и природного газа на различные процессы переработки и передачи.

3. На третьем этапе определяется совокупная потребность в первичных ЭР (как сумма конечного потребления и затрат в секторе преобразования и переработки), параметры импорта и экспорта, а также собственного производства первичных ЭР в каждой из стран.

На наш взгляд, развитие энергетики в КНР может происходить по трем сценариям:

- *Сценарий «с опорой на внутренние ископаемые энергоресурсы»*, в котором сохраняется доминирующее положение угля в энергобалансе страны на горизонте до 2050 г., за счет повсеместного внедрения технологий, снижающих выбросы при использовании угля в качестве топлива на электростанциях и в промышленности (Суперкритические энергоблоки, сжигание топлива в циркулирующем кипящем слое, газификация угля, десульфуризация, деазотизация, удаление твердых частиц и т.д.). Это приведет к более низким темпам роста потребления газа (из-за его стоимости, а также высокой доли импорта во внутреннем потреблении). В стране в рамках декарбонизации и выполнения Парижских соглашений по климату продолжится рост производства электроэнергии на АЭС (где страна близка к получению технологии полного цикла) и ГЭС. Снижение субсидий на новые ВИЭ (солнечная и ветровая электроэнергетика) приведет к замедлению вводов новых мощностей в этой сфере.
- *Сценарий «экологический»*, в котором страна перевыполняет план по энергетической революции до 2030 г. и Парижские соглашения об изменении климата. Это будет происходить сначала за счет ускоренного вытеснения угля газом (в промышленности и в электроэнергетике), что приведет к росту импорта СПГ и трубопроводного газа, а затем – за счет роста производства электроэнергии с помощью новых ВИЭ, что позволит компенсировать падение генерации на угле, а также рост потребления э/э из-за интенсивного перехода от автомобилей с ДВС на электромобили. Продолжится развитие ядерной электроэнергетики (которое будет сдерживаться соображениями безопасности) и гидроэлектроэнергетики (которое будет сдерживаться растущими

капзатратами на строительство новых электростанций в связи с природными условиями). Темпы роста экономики будут ниже, чем в основном сценарии, из-за более высокой стоимости энергии в стране.

- *Сценарий «инерционный»*, в котором будет происходить интенсивное замещение угольных электростанций газовыми, особенно в густонаселенных регионах юго-востока КНР. Вводы мощностей АЭС и ГЭС будут ниже, чем в сценарии «с опорой на внутренние энергоресурсы». В остальном сценарий повторяет сценарий №1.

По прогнозам ведущих аналитических агентств, наиболее перспективным сектором со стороны потребления в энергетике Китая является электроэнергетический сектор. Так, согласно прогнозу института CNPC [5], доля электроэнергетики в конечном потреблении энергии вырастет с 21,7% в 2016 г. до 38,4% в 2050 г., что связано с предполагаемым увеличением сектора услуг в структуре экономики этой страны. Из-за этого изменение структуры генерации электроэнергии имеет большое значение для перспектив роста потребления того или иного вида энергоресурса.

Для построения прогноза электроэнергетики были приняты гипотезы о линейном росте выработки электроэнергии на АЭС, ГЭС и электростанциях, работающих на биомассе; о квадратичном росте выработки на солнечных и ветровых, а также газовых электростанциях (что обусловлено эффектом низкой базы, а также стратегией китайского правительства по увеличению доли этих видов генерации в общем балансе электроэнергии [3, 6]). Потребление угля на китайских электростанциях будет расти с темпами, не превышающими 1% в год, до 2025 г. включительно, а затем постепенно снижаться (рис. 8).

В результате, потребление ПЭР в электроэнергетике в 2016-2050 гг. возрастет в 1,8 раза, до 2,3 млрд. т нэ. В перспективе ожидается существенное изменение структуры генерации электроэнергии в пользу возобновляемых источников энергии (таких, как солнечная и ветровая электроэнергетика), а также ГЭС, АЭС и источников, работающих на газе (рис. 9). Доля угольной генерации сократится с 80,6% в 2016 г. до 41,6% в 2050 г., при этом уголь останется доминирующим видом топлива. Его потребление в 2050 г. составит 947 млн. т нэ, что на 77 млн. т нэ меньше, чем в 2016 г.

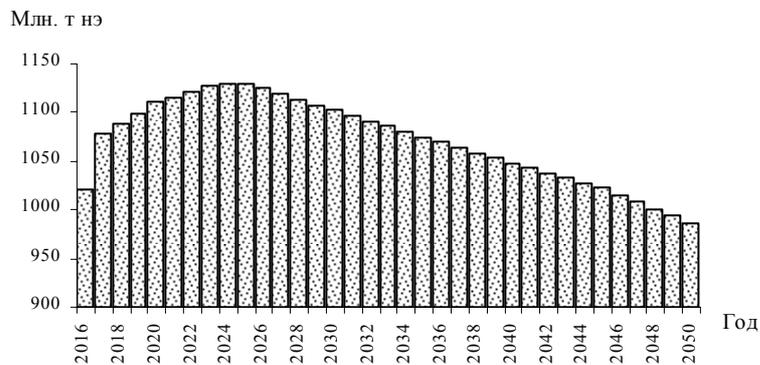


Рис. 8. Прогноз потребления угля в электроэнергетике в КНР в 2017-2040 гг.  
 Источник: расчеты автора.

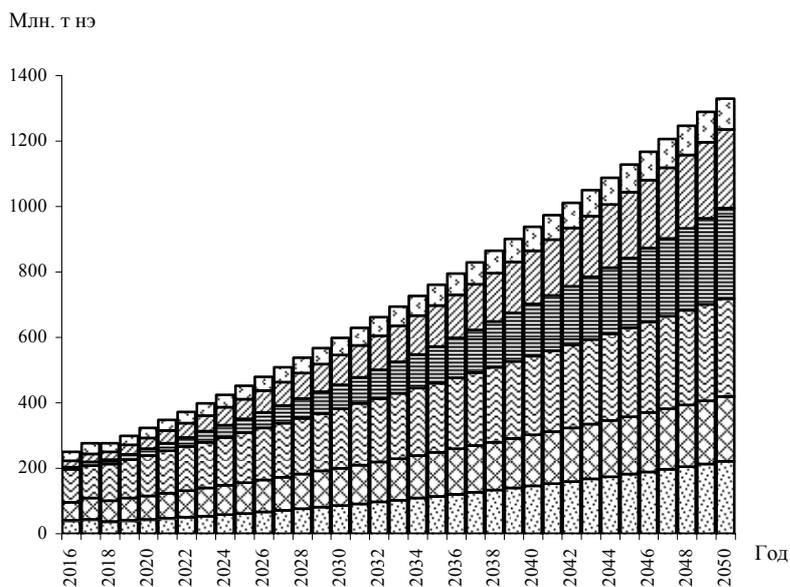


Рис. 9. Прогноз производства электроэнергии по видам ПЭР, кроме угля в КНР в 2017-2040 гг.:

- ☐ газ; ☐ атомная энергия; ☐ гидроэнергия;
- ☐ солнечная; ☐ ветровая; ☐ биотопливо

Источник: расчеты автора.

Доля ГЭС в структуре генерации составит 13,2%, или 300 млн. т нэ (в 2016 г. – 7,9%, или 100 млн. т нэ), доля солнечной энергетики – 12,2%, или 277 млн. т нэ (в 2016 г. – 0,5%, или 6 млн. т нэ), доля ветровой энергетики – 10,5%, или 240 млн. т нэ (в 2016 г. – 1,6%, или 20 млн. т нэ), доля газовой энергетики – 9,7%, или 221 млн. т нэ (в 2016 г. – 2,8%, или 36 млн. т нэ), доля атомной энергетики – 8,7%, или 198 млн. т нэ (в 2016 г. – 4,4%, или 56 млн. т нэ). Значительный объем потребления придется также на биомассу (4,1%, или 26 млн. т нэ). Потребление нефтепродуктов в электроэнергетике сведется к нулю.

**Выводы.** По итогам анализа были выявлены основные особенности и тенденции развития ТЭК в КНР в 1990-2019 гг. и на перспективу до 2050 г.:

- Показано, что, несмотря на преобладание угля в топливно-энергетическом балансе, его доля как в производстве, так и в потреблении ПЭР начала снижаться в 2010-е годы, что связано с ростом использования более чистых энергоресурсов (газ, АЭС, ГЭС, солнечная и ветровая энергетика из-за экологических соображений) и нефти (из-за процесса автомобилизации).
- В перспективе планируется дальнейшее сокращение доли угля в энергобалансе, однако на горизонте до 2050 г. он останется основным энергоресурсом в КНР. Тем не менее, его доля в энергобалансе, как ожидается, снизится до менее чем 50%.
- В связи с развитием сферы услуг в КНР и распространением электромобилей роль электроэнергетики будет возрастать – на нее придется более половины потребления электроэнергии в 2040 г., согласно прогнозу МЭА.

Существует значительная неопределенность в прогнозных оценках энергетического баланса КНР. Будущий энергетический баланс зависит от скорости внедрения возобновляемых источников энергии, а также развития традиционной энергетики: ГЭС, АЭС и электростанций на газе.

Наименее определенными являются перспективы газа (из-за волатильности стоимости импортного топлива, неясности перспектив добычи сланцевого газа в стране, а также развития «чистой» угольной энергетики), а также ветровых и солнечных электростанций: они зависят от снижения стоимости капиталовложений, субсидий на строительство новых мощностей и развития электросетей сверхвысокого напряжения на дальние расстояния (мощности

солнечной и ветровой энергетики расположены на северо-западе страны, основные потребители – на юго-восточном побережье).

Для прогнозирования потребления энергоресурсов в экономике КНР предложена имитационная модель прогнозирования спроса на энергоресурсы (ЭР) типа «bottom-up», где определяется спрос на энергоресурсы в разрезе 5 крупнейших потребителей: промышленность, транспорт, химия, население и прочие сектора. Для этой модели сформирован базовой сценарий развития энергетики Китая, который позволяет оценить и проанализировать потребность китайской экономики в первичных энергоресурсах, которые может поставлять Россия.

### *Литература и информационные источники*

1. *Beijing to Shut All Major Coal Power Plants to Cut Pollution (2015)*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-03-24/beijing-to-close-all-major-coal-power-plants-to-curb-pollution> (22.08.2019)
2. *China meets energy goals with blackouts*. <https://www.electricityforum.com/news-archive/sep10/Meetingenergygoalswithrollingblackouts> (01.10.2019)
3. *The 13th five-year plan for economic and social development of the People's Republic of China*. <http://en.ndrc.gov.cn/newsrelease/201612/P020161207645765233498.pdf> (21.08.2019)
4. *China Renewable Energy Outlook 2018*. Energy Research Institute of Academy of Macroeconomic Research/NDRC
5. *World and China Energy Outlook 2050, 2018 version*. CNPC Economics & Technology Research Institute.
6. *Energy Supply and Consumption Revolution Strategy (2016-2030)*. [http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201704/t20170425\\_845304.html](http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201704/t20170425_845304.html) (01.10.2019)
7. *BERC (Building Energy Research Centre of Tsinghua University) (2017), China Building Energy Use*. Университет Синьхуа в Пекине.
8. *China Power Market Profile, November 2018*. <https://ihsmarkit.com/index.html> (01.10.2019)
9. *IEA World Energy Outlook 2014-2019* (01.10.2019)
10. *BP World Energy Outlook 2019*. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html> (10.04.2020)
11. *Rivalry: The IHS Markit view of the energy future (2019-50)*. <https://ihsmarkit.com/index.html> (10.04.2020)
12. *IEEJ Outlook 2019*. <https://eneken.ieej.or.jp/data/8122.pdf> (10.04.2020)
13. *Annual Energy Outlook 2019 with projections to 2050 – EIA*. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/aeo2019.pdf> (10.04.2020)
14. *Прогноз развития энергетики мира и России 2019 – ИИЭИ РАН*. [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_Forcast\\_2019\\_Rus.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forcast_2019_Rus.pdf) (10.04.2020)