

УДК: 911.913

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА АЗИАТСКИХ СТРАН

Т.И. Горкина

*Институт географии РАН, лаборатория географии мирового развития,
ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: gorkinati@yandex.ru*

Современный этап развития мировой энергетики проходит в русле четвертой промышленной революции, характеризующейся сменой укладов и внедрением новых технологий на основе НИОКР. Загрязнение окружающей среды достигло больших масштабов, в результате чего стало необходимым изменить структуру современного топливно-энергетического баланса (ТЭБ) в пользу возобновляемых и нетрадиционных источников энергии. Азиатские страны сильно отличаются друг от друга по уровню экономического развития, что затрудняет создание в Азии интегрированного энергетического рынка. Была проведена типологизация стран по уровню экономического развития на основе полимасштабного анализа с применением традиционных методов экономической географии. Эти страны в совокупности занимают первое место в мире по выбросам парниковых газов, на их долю приходится почти 60% загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду. ТЭБ стран Азии характеризуется высокой долей угля, что способствует масштабному загрязнению природы. Страны континента в соответствии с международной практикой имеют энергетические программы, направленные на снижение выбросов за счет снижения доли угля и перехода на низкоуглеродные источники энергии. Энергетический переход может быть осуществлен прежде всего в ведущих странах Азии, обладающих необходимыми финансовыми ресурсами. Для большинства азиатских стран, находящихся на ранних стадиях индустриализации, энергетический переход на данном этапе практически невозможен, поскольку они используют энергозатратные промышленные технологии. Острая необходимость остановить изменения климата вступает в противоречие с ростом потребления энергии. Азия стала мировым лидером в потреблении энергоресурсов, поскольку происходит рост потребления энергии не только в промышленности, но и в коммунальном секторе, так как в городах проживает 4,2 млрд человек, или более 50% всего городского населения мира. Лидером во внедрении возобновляемых источников энергии стал Китай, который разработал и внедряет новые экологические стандарты, что позволит добиться углеродного нейтралитета к 2060 г. за счет форсированного ввода в строй новых электростанций с нулевым выбросом. Отказ от угля чреват для Азии обострением социально-экономических проблем из-за его высокой доли в ТЭБ и большого числа занятых в этой отрасли. Азиатские страны в соответствии с целями устойчивого развития стремятся внедрять возобновляемые источники энергии исходя из местных сравнительных преимуществ.

Ключевые слова: энергетический переход, возобновляемые виды энергии, типология стран, концепция «центр – периферия», «умный город»

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.3.2

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение экологической обстановки в мире стало первостепенной задачей для мирового сообщества. Энергетика является одним из основных загрязнителей окружающей среды, на долю которой приходится треть мировых выбросов парниковых газов. Одним из важных элементов мирового энергетического рынка стала зарубежная Азия. Она позже других регионов включилась в процесс четвертого энергетического перехода¹, лидерами кото-

рого стали экономически развитые страны (ЭРС). Азия – это не только крупный производитель энергоресурсов, но и крупнейший потребитель их, причем значительную часть она получает по импорту, несмотря на то что по уровню обеспеченности энергоресурсами она вполне самодостаточна.

Зарубежная Азия как объект исследования очень важна, поскольку является регионом с высокими темпами роста населения, ВВП и других важных экономических показателей. На ее долю приходится пользу чистых источников энергии на основе инновационных технологий в русле индустрии 4.0.

¹ Четвертый энергетический переход характеризуется изменениями в структуре производства и потребления энергии в

ся 41% мирового ВВП, 57% населения мира, 50% потребленной энергии и 59% мировых выбросов парниковых газов. Страны региона очень различаются как по социально-экономическим показателям, так и по условиям жизни. Здесь находится 93 из 100 городов с наибольшими выбросами загрязняющих веществ [Asia..., 2021]. Из 35 зарубежных азиатских стран, рассматриваемых в статье, на 10 ведущих стран приходится 89% ВВП региона, на долю 10 беднейших – 0,5% ВВП. По уровню экономического развития азиатские страны можно разделить следующим образом: 1) высокоразвитые страны (Япония, Израиль); 2) страны с развивающимися рынками (Китай, Индия); 3) новые индустриальные страны (Республика Корея, Сингапур, Гонконг, Тайвань, Малайзия, Таиланд, Индонезия, Филиппины); 4) нефтедобывающие страны Ближнего Востока; 5) страны с преобладанием горнодобывающей и легкой промышленности (Шри-Ланка, Бангладеш, Монголия, Иордания, Вьетнам); 6) наименее развитые страны (Лаос, Камбоджа, Непал, Йемен, Бутан).

Исходя из этой типологии, правомерно рассматривать энергетику Азии на современном этапе как модель, поскольку этот термин является обобщающим понятием, так как предполагает усредненное представление об объекте. По мнению Г.С. Вечканова, экономическая модель – это формализованное описание различных экономических явлений и процессов. Экономические модели выступают абстрактным отражением реальности и поэтому не могут быть всеобъемлющими [Вечканов, 2008]. Азиатские страны используют опыт ЭРС, что ускоряет процесс роста как всей экономики, так и энергетики. Схожие методы стимулирования экономического роста стали причиной возникновения термина «азиатская модель», что позволяет выявить ее особенности [Рамазанов, 2008]. Поэтому зарубежную Азию можно рассматривать как модель, состоящую из различных компонентов, связанных между собой территориальной близостью как с прямыми, так и с опосредственными связями.

Азия представляет собой регион, где слабо развито международное сотрудничество, которое в условиях глобализации стало важным механизмом для реализации потенциала отдельных стран. Изолированность энергорынков стала препятствием для создания единого рынка. Можно отметить локальные рынки, созданные на основе таких международных объединений, как, например, АСЕАН, которое успешно интегрируется с зоной свободной торговли Китая. На пути создания единого энергорынка существует много препятствий, основные из них следующие. Во-первых, во многих странах функционирует топливно-энергетический комплекс (ТЭК), не соответствующий мировому научно-тех-

ническому уровню. Во-вторых, большинство стран не имеет необходимой устойчивости к внешним и внутренним экономическим, техногенным и природным угрозам, надежного энергообеспечения. Поэтому для устойчивости ТЭК необходима трансформация топливно-энергетического баланса (ТЭБ) с включением в него возобновляемых (энергия солнца, ветра, приливов и т. п.) (ВИЭ) и нетрадиционных источников энергии (отходы растениеводства и животноводства, твердые бытовые отходы, метан мусорных свалок, сточные воды очистных сооружений и др.) (НИЭ), которыми богата Азия [Горкина, 2012а].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблеме энергетического перехода, вызванного обострением экологической обстановки в мире, уделяется большое внимание как в иностранной, так и в отечественной литературе. Как правило, это статьи в различных журналах экономического направления – «Энергетическая политика», «Центральная Азия и Кавказ» и др. В географических изданиях вопросу реформирования ТЭК в зарубежных странах посвящено значительно меньше статей [Кошкин, 2019; Лопатников, 2019, 2020].

Цель данного исследования – оценка возможностей региона в модернизации / трансформации ТЭК в условиях глобального энергетического перехода. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: 1) показать трансформацию энергетического пространства зарубежной Азии на примере ведущих стран региона в период геополитической нестабильности; 2) провести типологию стран по уровню готовности их к энергетическому переходу.

Исследование базируется на данных, приводимых в международных изданиях, как статистических [World Energy..., 2021; BP..., 2002, 2021, 2022], так и аналитических [Asia..., 2020, 2021; Международные..., 2018]. Важными источниками стали издания Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA). Статистические данные приводятся по регионам в соответствии с классификацией ЮНЕСКО – Центральная Азия (Казахстан, Узбекистан, Таджикистан, Туркмения, Киргизия, Афганистан, Монголия), Азиатско-Тихоокеанский регион (АТР) без Австралии и Новой Зеландии и Ближний Восток (азиатская часть). Общие данные по энергетике приводятся в тоннах нефтяного эквивалента (т н. э.).

Исследование проведено на основе полимасштабного анализа с применением традиционных методов экономической географии – сравнительно-географического, типологического, метода геополитического анализа с учетом таких факторов, как исторический и социально-экономический. Кроме

этого, использовался статистический метод для определения изменений основных показателей в динамике.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

К началу 2000-х гг. в Азии сложилась энергосистема, обеспеченная собственными традиционными ресурсами, что позволило ей стать крупным экспортером углеводородов и угля. На долю Азии приходится треть мировых запасов угля и по 50% мировых запасов нефти и газа. Коэффициент обеспеченности (отношение запасов к текущей добыче) составляет по нефти 70 лет, по газу 80 лет, по углю почти 300 лет. Однако такие внушительные запасы из-за слабо развитой региональной интеграции не способствовали созданию единого регионального энергетического рынка, что стало одной из причин роста импорта энергоресурсов не только в страны, бедные ими, но и в страны с высокими темпами роста экономики. Неравномерность в размещении энергоресурсов влияет на структуру ТЭК, который в большинстве стран имеет низкую эффективность использования энергоресурсов и не обладает современными технологиями и необходимой инфраструктурой.

Перемещение экономической активности из ЭРС в страны Азии в XX в. привело к созданию на ее территории промышленных комплексов, ориентированных на дешевые сырьевые ресурсы и рабочую силу, так называемый офшоринг. Появилось много промышленных предприятий, не имеющих очистных сооружений, что повысило уровень загрязнения. Благодаря офшорингу многие страны Азии встали на путь индустриального развития – начался «Азиатский индустриальный век». Эко-

номика Азии шла от роста, опирающегося на экспорт, к росту, определяемому внутренним спросом [Расширение..., 2014]. В связи с этим потребление энергии в Азии с начала XXI в. выросло вдвое, в то время как в странах ЕС – на 20%. В 2021 г. оно достигло 74 млрд т, более половины которого потреблялось в АТР [ВР..., 2022].

Концепция «центр – периферия». Индустриализация в большинстве стран Азии проходит по принципу догоняющего развития. По расчетам Д. Лопатникова, сделанным в русле концепции «центр – периферия» [Vallerstein, 1974], в постиндустриальный период в ЭРС происходит снижение экологической нагрузки на среду. Зона экологического неблагополучия смещается в сторону периферии вслед за перемещением в Восточную и Юго-Восточную Азию промышленного производства из ЭРС [Лопатников, 2019, 2020].

В соответствии с этой концепцией была рассчитана территориальная концентрация производства энергии по трем позициям: центр, полупериферия и периферия (табл. 1). Расчеты были произведены по данным на 2000 г. [International Energy..., 2005] и 2019 г. [Global energy..., 2021]. В графу «центр» вошли страны, где производство энергии превышает 2% от итога по миру, в полупериферию – страны, имеющие от 0,5 до 1,9%. Ядро «центр» осталось в основном прежним (Китай, США, РФ, Саудовская Аравия, Канада, Австралия, Индия). Изменения произошли за счет входа Индонезии, Ирана и Бразилии, выбыли – Венесуэла, Мексика, Великобритания и Норвегия. В «полупериферии» изменений значительно больше. Увеличилось число стран в этой позиции в результате перехода в эту графу стран из «периферии», за счет чего и произошел рост с 21,2 до 26,1% [Горкина, 2012б].

Таблица 1

Модель «центр – периферия» по отношению к мировой энергетике, %

Сектор	2000 г.	2010 г.	2019 г.
Центр	67,6	62,9	71,7
Полупериферия	21,2	22,4	26,1
Периферия	11,2	14,7	2,2

Примечание. Рассчитано по [International Energy..., 2005; Global..., 2021].

Однако, если в мировом хозяйстве «центр» становится все более экологичным, то в энергетике наблюдается другая картина. В «центре» усиливается концентрация добывающих мощностей традиционной энергетики, прежде всего за счет роста добычи в Китае, США и РФ, на которые приходится почти половина мировой добычи и

почти половина выбросов парниковых газов. Всего же доля стран «центра» составляет по этому показателю 65,9%, что вполне соответствует их доле в добыче, равной 71,7%. Поэтому говорить о смещении зоны экологического неблагополучия в «полупериферию» в случае мировой энергетики не приходится.

Рассмотрим также роль азиатских стран в этой концепции. В «центр» входит пять стран Азии с долей по мощностям в 38,3%. В «полупериферию» из азиатских стран вошел только Казахстан, на долю которого приходится 0,7% мировой добычи энергии. Страны Ближнего Востока, кроме Саудовской Аравии, входят в разряд «периферия», поскольку их удельный вес в мировой добыче находится на уровне 0,1–0,3%.

Характеристика ТЭБ стран Азии. Потребление энергии в странах Азии имеет более высокие темпы роста по сравнению с ЭРС. Мировое потребление энергии в 2020 г. снизилось по сравнению с 2019 г. на 4,5% (самое большое снижение со времен Второй мировой войны), в основном за счет пандемии [ВР..., 2021], в Азии же оно практически осталось прежним – соответственно 4905,2 и 4907,2 млн т н. э. ТЭБ азиатских стран в 2020 г. выглядит следующим образом (в %): нефть – 27,6; газ – 17,9; уголь – 41,3; АЭС – 2,2; ГЭС – 5,7; ВИЭ и НИЭ – 5,3. С начала века в нем произошли значительные изменения. Произошло снижение потребления нефти при росте удельных весов угля и газа. Высокая доля угля и углеводородов отражает ресурсную базу региона. Если сравнить азиатский ТЭБ с аналогичным в ЭРС, то доля ВИЭ в нем значительно ниже – 5,3% в Азии и 8,3% в ЭРС. Низкий удельный вес ВИЭ затруднит переход на углеродно-нейтральный ТЭБ [ВР..., 2002, 2021].

Однако в настоящее время резко меняются «правила игры» в мировой энергетике, что вызовет трансформацию энергетического пространства как в мире, так и в Азии. Стадия неопределенности, характерная для этого периода, может внести существенные изменения в энергетическую мировую и национальную политику, оказав влияние и на структуру ТЭБ в странах, зависящих от импорта энергии. Более детально рассмотрим ТЭК Китая, Ближнего Востока, Индии и Японии, которые занимают первые четыре места в Азии по потреблению энергии. Эти страны оказывают большое влияние на мировую энергетiku, особенно в настоящее время, когда меняются логистические цепочки в доставке энергии потребителям.

Китай – крупнейший потребитель энергии в мире (26,1%), также является крупнейшей страной по выбросам парниковых газов (30% от мировых). В настоящее время активно развивает ВИЭ, стремясь сохранить баланс между экологией и социальным благополучием, поскольку отказ от угля (основного энергоресурса) стал важной социальной проблемой из-за сокращения рабочих мест в угледобывающих районах.

В соответствии с мировой практикой Китай стремится к достижению углеродного нейтралите-

та, но только к 2060 г. из-за высокой доли традиционных видов энергии. На эти цели потребуется не менее 5 трлн долл. Предполагается, что Китай не только на своей территории будет внедрять принципы «зеленых» инвестиций, но и в районах, примыкающих к трассе «Нового шелкового пути» [Укрепление..., 2013].

На *Ближнем Востоке* главной целью нефтяных монархий стало сокращение собственных потребностей в энергии для того, чтобы не снижать объемы экспорта из-за сокращения запасов углеводородов. Цель монархий – создать модель энергетического развития с неограниченным сроком действия на основе ВИЭ, основными точками которого должны стать кластеры, например, Масдер-Сити в ОАЭ или «Город науки и технологий» в Саудовской Аравии. Предполагается, что благодаря таким кластерам они сохранят свое место на мировом рынке как экспортеры не только углеводородов, но и «чистой» энергии ВИЭ. Лига арабских государств приняла программу «Панарабская инициатива по чистой энергии», в соответствии с которой мощности электростанций на ВИЭ должны увеличиться с 12 ГВт в 2013 г. до 80 ГВт к 2030 г. и быть полностью интегрированы с основной энергосистемой [Southeastern..., 2022a].

Индия занимает третье место в мире по потреблению энергии. Сочетание роста экономики, городского населения и промышленности ведет к увеличению темпов спроса на энергию, который в настоящее время является самым значительным в мире. ТЭБ достаточно диверсифицирован, устойчивость ему придает наличие АЭС, по установленным мощностям которых страна занимает пятое место в мире.

В 2018 г. Индия начала реализовывать национальный проект по «ветро-солнечной гибридации». Совместное размещение СЭС и ВЭС повышает надежность энергосистем, получая также максимальную отдачу от территории. В этих комплексах ведущая роль отводится СЭС, так как в Индии 292 солнечных дня в году. Планируется, что к 2030 г. мощность ВИЭ и НИЭ достигнет 500 ГВт, в 2021 г. эта мощность составляла 14,5 ГВт [Renewable..., 2021].

Единственная в Азии ЭРС – в *Японии* – меняет свои планы по развитию энергетики после аварии на АЭС Фукусима в 2010 г. Если до аварии упор делался на атомную энергию, то сейчас проводится энергетическая политика в соответствии со «Стратегией зеленого роста», принятой в 2020 г. Кроме этого, в 2021 г. был опубликован проект «Шестого стратегического энергетического плана», где основными целями стали снижение выбросов, развитие децентрализованного энергоснабжения, разработка технологий хранения энергии [Белогорьев, 2021]. Для достижения этих целей к 2050 г. необходима

международная кооперация, прежде всего с ведущими странами региона – Китаем и Республикой Корея [Добринская, 2009].

В Японии нет единой точки зрения на дальнейшее развитие энергетики. После аварии на АЭС Фукусима для восполнения утраченных объемов поставок энергии используют уголь и природный газ (СПГ). Однако растет значение ВИЭ, препятствием для развития которых стало отсутствие необходимых свободных площадок. Наиболее благоприятными территориями для размещения ВИЭ являются горные районы о. Хоккайдо и строительство офшорных ВЭС в восточной части островов Хоккайдо и Хонсю [Корнеев, 2020]. Что касается СЭС, то на островах практически нет свободных площадок для их размещения, поэтому единственный путь – строительство плавучих СЭС и широкое использование солнечных панелей на крышах домов.

Отказ ЭРС от энергетических поставок из России и переориентация их на Восток может замедлить переход мировой энергетики к безуглеродному типу развития. Это, вероятнее всего, окажет влияние и на темпы энергетического перехода в азиатских странах, темпы которого во многом зависят от политики правительств. Резко возросший импорт компенсирует дефицит энергии, который предполагалось замещать «чистой» энергией [Southeastern..., 2022]. Переход Азии к безуглеродной энергетике будет иметь решающее значение для всей мировой экономики, так как именно этот регион может оказать наибольшее влияние на темпы энергетического перехода в мире. Эксперты ООН считают, что от энергетической политики в Азии будет зависеть успешность борьбы с изменениями климата в мире.

Загрязнение воздуха в Азии. Азиатские страны стали основными поставщиками вредных веществ в атмосферу, увеличив выбросы с начала XXI в. в 2,2 раза. В настоящее время на их долю приходится 59% всех мировых выбросов. Первые три места в регионе занимают Китай, Индия и Япония (40% от итога по миру), т. е. больше, чем все ЭРС, доля которых в мире (без Японии) составляет 30%. Мировое сообщество наиболее активно стало бороться с загрязнениями среды в последнее время. В 2009–2019 гг. произошло незначительное снижение выбросов в ЭРС на 1%, в Азии рост составил почти 3%. Экономический кризис, вызванный пандемией COVID-19, на азиатских странах отразился в меньшей степени (снижение на 3%), чем на ЭРС, в которых экономическая активность снизилась на 10–12%, соответственно и выбросы сократились на 12% [ВР..., 2021].

В Азии находится 93 из 100 городов мира, имеющих самую высокую степень загрязнения по всем параметрам [Asia..., 2021]. Энергетика «индустриальной фазы», характерная для азиатских стран,

в своей основе имеет крупные централизованные источники на ископаемом топливе, приуроченные к промышленным центрам [Белогорьев и др., 2011]. Это является основной причиной общего загрязнения, включая промышленные отходы. По этой причине в 50 самых грязных городов мира вошли, по версии портала IQAir, только промышленные центры Азии, из которых 35 находятся в Индии и 7 в Китае. По данным этого же источника, по такому показателю, как качество воздуха, в начале 2022 г. в рейтинг вошли девять городов в Китае (Ухань, Пекин и др.), три – в Индии (Дели, Колкота, Мумбаи) и два – в Пакистане (Карачи, Лахор). В этом рейтинге представлено еще 12 азиатских городов. Таким образом, из 50 стран в рейтинге плохие показатели воздуха зафиксированы в 27 городах Азии. Одной из основных причин такого положения является низкий технологический уровень на предприятиях, плохая оснащенность очистительным оборудованием и высокая доля ТЭС, работающих на угле.

Однако, по мнению В. Селестиен, загрязнение окружающей среды происходит не только из-за низкого технологического уровня. Широкое внедрение ВИЭ оказывает не менее губительное воздействие на природу. Селестиен выделяет 117 различных видов воздействия, наиболее значимыми он считает следующие: 1) выбросы вредных веществ из сырья, что пошло на изготовление установок ВИЭ; 2) увеличение смертности среди биологических видов, прежде всего птиц и морских животных; 3) вырубка лесов и эрозия почв; 4) влияние шума от работы ВЭС на здоровье человека; 5) изменения в землепользовании, как следствие, уплотнение почвы, повреждение естественного дренажа и сокращение водно-болотных угодий. Все 117 видов в комплексе оказывают влияние не только на микроклимат отдельных территорий, но и на глобальном уровне [Sestien, 2021]. Совмещение вредных воздействий на среду в Азии может усилить негативные последствия в целом, так как в Азии находится много территорий, уязвимых к малейшим негативным изменениям.

Энергетический переход как часть азиатской модели развития энергетики. ООН одной из целей устойчивого развития на период до 2030 г. провозгласила «обеспечение всеобщего доступа к дешевым, надежным, устойчивым и современным источникам энергии». Для Азии это очень важно, так как приблизительно 1,4 млрд чел. не имеют доступа к электроэнергии и 1,3 млрд используют традиционную биомассу (дрова и отходы сельскохозяйственного производства) [Возобновляемые..., 2011; Новости ООН..., 2022]. Только в АТР 420 млн чел. не имеют доступа к электроэнергии [Impact..., 2022]. ВИЭ как наиболее автономные источники могут сыграть важную роль для решения этой проблемы.

Однако в Азии нет единых условий для перехода на «зеленую энергетику». В 2018 г. в Сингапуре прошла конференция по актуальным проблемам «зеленой энергетики» в Азии, где была предпринята попытка выработать общую стратегию энергетического перехода. Основной проблемой была признана необходимость преодоления технологических барьеров в интеграции энергетических систем. Для этого нужен устойчивый экономический рост, но в большинстве стран имеется дефицит национальных бюджетов. Слабое развитие хозяйства и низкие доходы населения препятствуют трансформации и/или модернизации ТЭК. Всемирный банк разработал классификацию стран и экономик по четырем группам (тыс. долл./чел.): 1) с высоким уровнем дохода – св. 12; 2) страны с доходом 4–11; 3) страны с доходом 1–3; 4) страны с доходом ниже 1. В первую группу вошли 11 азиатских стран из 35, рассматриваемых в этой статье (Израиль, Япония, Сингапур и др.), во вторую – 8 (Китай, Иран, Таиланд и др.), в третью – 11 (Индия, Вьетнам, Индонезия и др.), в четвертую – 5 стран (Непал, Бангладеш, КНДР, Таджикистан, Мьянма, Афганистан). Поэтому можно говорить, что реально энергетический переход может проходить только в первых двух группах, где он может быть финансово обеспечен не только за счет собственных бюджетов, но и благодаря внешним инвестициям. В остальных странах энергопереход возможен только за счет различных международных организаций, участвующих в осуществлении целей устойчивого развития.

Кроме этого, на пути к «зеленой энергетике» существуют такие препятствия, как слабое государственное управление, плохо развитая инфраструктура, большое количество устаревших электростанций, недостаток квалифицированных кадров и высокий уровень коррупции. Тем не менее в Азии сохраняются высокие темпы роста ВИЭ как основного индикатора энергетического перехода, они составили 15% в 2020 г. по сравнению с 7–8% в 2010-е гг., опередив в приросте мощностей ВИЭ Северную Америку и Европу. Доля Азии по этому показателю составила 64% [Renewable capacity..., 2021].

Все страны региона имеют планы по развитию ВИЭ, но для успешного их осуществления необходимо региональное сотрудничество на основе гармонизации национальных энергетических программ. По этим причинам энергопереход не будет иметь устойчивых темпов роста ВИЭ в большинстве азиатских стран, хотя страны Азии обладают огромным потенциалом для развития ВИЭ. В настоящее время в Азии производится 2533 т н. э. энергии из ВИЭ и НИЭ, т. е. треть всей ВИЭ в мире. Практически во всех азиатских странах используются ВИЭ, наиболее распространенными стали ги-

дроэнергия, солнечная энергия и твердое и жидкое топливо из биомассы. На эффективность ВИЭ могут влиять климатические изменения.

Энергетический переход, по мнению большинства исследователей, будет способствовать росту мировой экономики к 2050 г. на 2,4%, прежде всего за счет создания новых рабочих мест, число которых по прогнозу составит 122 млн, из которых треть придется на ВИЭ. Для этого необходима корректировка на мировом финансовом рынке и переориентация финансовых потоков в ВИЭ как наиболее перспективное направление в мировой энергетике в настоящее время. Приток частных инвестиций может ускорить энергетический переход к климатически нейтральному мировому хозяйству. По данным на 2018 г. в Азию идет 52% новых инвестиций [Asia..., 2020]. Переориентация потоков очень важна, поскольку сейчас ВИЭ развиваются за счет государственного регулирования и кредитов, после отмены этих преференций для сохранения высоких темпов для ВИЭ необходимы частные инвестиции. Это особенно актуально для азиатских стран, где отмена субсидий предполагается в ближайшие годы [World Energy..., 2021].

Тенденции в использовании ВИЭ и НИЭ энергии. Эти источники применяются в основном в бытовом секторе и электроэнергетике, в промышленности – в виде электроэнергии. По уровню применения таких источников в ТЭБ автором была проведена типология 35 стран, рассматриваемых в данной работе. В первую группу вошли страны с удельным весом более 0,5% в ТЭБ: Китай, Индия, Япония, Вьетнам и Республика Корея. Во вторую группу были включены страны с удельным весом от 0,1 до 0,4%. В нее вошли страны Центральной Азии (кроме Туркмении), Ближнего Востока, а также Индонезия, Пакистан, Филиппины, Мьянма, Малайзия, Камбоджа, КНДР, Шри-Ланки, Лаос, Бутан. В третью группу с долей ВИЭ менее 0,1% вошли в основном беднейшие страны региона (Афганистан, Бангладеш, Монголия, Непал и Туркмения), а также Сингапур, где практически нет площадок для размещения ВИЭ. Исходя из этой типологии, можно сделать вывод, что развитие ВИЭ во многом зависит от уровня национального дохода и политики правительств, а не только от природных условий.

Рассмотрим также применение ВИЭ в электроэнергетике. Так, доля ВИЭ в производстве электроэнергии в Азии составляет 10%, прежде всего за счет АТР. На Ближнем Востоке и в Центральной Азии она не достигает и 2% [BP..., 2021]. Производство электроэнергии из ВИЭ в Азии за последнее десятилетие выросло более чем в 70 раз, особенно значительный рост наблюдался в Израиле (в 57 раз), Китае (в 12 раз), Индии и Японии (в 4 раза). На

долю 10 ведущих стран приходится свыше 40 из 46% всей электроэнергетики, производимой из ВИЭ в регионе (табл. 2). Однако нельзя уменьшать роль традиционной электроэнергетики, которая должна «страховать» ВИЭ при неблагоприятных климатических условиях. Создание системы взаимодополняющих объектов в отрасли позволит более успешно реализовать энергопереход, избегая рисков для безопасного энергоснабжения.

Азия по уровню электрификации отстает от ЭРС не только в сельской местности, но и в городах [Renewable Energy Market..., 2018]. По рас-

четам автора была проведена типология стран по уровню электрификации городов. Были выделены следующие градации: первый тип (90–100%) – Япония, Израиль, Сингапур, Кувейт, Катар, Индия, Иордания; второй тип (80–89%) – Республика Корея, Саудовская Аравия, Оман, ОАЭ, Ливан, Бахрейн; третий тип (50–79%) – Китай, страны Центральной Азии, Таиланд, Сирия, Индонезия, Монголия, Иран, Ирак, Малайзия; четвертый тип (до 50%) – Филиппины, Йемен, Пакистан, Вьетнам, Лаос, Мьянма, Камбоджа, Непал, Шри-Ланка, Афганистан.

Таблица 2

Десять ведущих стран Азии по использованию ВИЭ в производстве электроэнергии в 2011–2020 гг.
[Renewable Energy Statistics..., 2021]

Страна	2011 г.		2015 г.		2020 г.	
	Всего, ГВт	Доля от итога по миру, %	Всего, ГВт	Доля от итога по миру, %	Всего, ГВт	Доля от итога по миру, %
Китай	267,9	20,1	479,1	25,9	894,9	31,9
Индия	58,1	4,4	78,5	4,2	134,3	4,8
Япония	37,4	2,8	67,5	3,6	103,5	3,7
Вьетнам	10,2	0,8	16,2	0,9	35,6	1,3
Республика Корея	3,3	0,2	7,2	0,4	21,0	0,7
Иран	8,9	0,7	11,0	0,6	12,8	0,5
Пакистан	7,0	0,5	8,1	0,4	12,0	0,4
Таиланд	5,1	0,4	8,0	0,4	12,0	0,4
Индонезия	7,1	0,5	8,6	0,5	10,6	0,4
Малайзия	3,9	0,3	7,6	0,4	8,7	0,3
<i>Итого Азия</i>	<i>433,6</i>	<i>32,6</i>	<i>722,3</i>	<i>39,0</i>	<i>1290,0</i>	<i>46,0</i>
<i>Всего мир</i>	<i>1331,2</i>	<i>100,0</i>	<i>1852,8</i>	<i>100,0</i>	<i>2802,0</i>	<i>100,0</i>

В сельской местности проживает 63% населения Азии, где уровень электрификации в ряде районов еще ниже. Удельный вес в потреблении электроэнергии здесь составляет от 49% в Мьянме до 98% во Вьетнаме. В среднем он находится на уровне 75%. Более широко используются современные ВИЭ в домашнем хозяйстве (солнечные установки). В Азии 1,9 млрд чел. используют ВИЭ в домашнем хозяйстве. В сельских районах с высокой плотностью населения целесообразно создавать мини-системы на основе ВИЭ без подключения их к региональным сетям ЛЭП. Более широкому внедрению систем такого типа, помимо технических причин (разные характеристика сетевых систем и т. д.), препятствуют также экономические (нехватка бюджетных средств для обслуживания ЛЭП в районах со сложными географическими условиями) и поли-

тические факторы (нет соответствующих договоров по использованию приграничных территорий).

В целях устойчивого развития необходимо модернизировать ЛЭП в Азии к 2030 г. на национальном и наднациональном уровне на основе межстрановых договоров для объединения энергосистем. Наиболее приоритетными считаются следующие направления. Во-первых, создание энергетического коридора Россия – Монголия – северо-восточная Азия. В этом случае должно произойти объединение российских ГЭС с СЭС Монголии и ВЭС Китая. Во-вторых, в более долгосрочной перспективе соединить энергетические комплексы Центральной Азии транспортным коридором для поставок энергии в южную Азию через Афганистан и Пакистан [Attracting..., 2022].

В ходе энергетического перехода на настоящем этапе проявилась еще одна тенденция – появление

«умных городов». Консалтинговая компания Frost & Sullivan выделяет восемь ключевых аспектов, которые определяют понятие «умный город»: умное управление, умная энергетика, умный дом, умная мобильность, умная инфраструктура, умные технологии, умное здравоохранение и умный гражданин. В энергетике – это города, имеющие на своей территории ВИЭ, работающие по принципу умного управления. Консалтинговая компания Deloitte выделила 10 крупнейших городов, которые можно причислить к «умным»: Сан-Диего, Лос-Анджелес, Джайпур, Гамбург, Торонто, Бангалор, Сантьяго, Сеул, Тайбень, Париж. Доля ВИЭ в них – от 4% в Париже до 33% в Сан-Диего. Азиатские «умные» города имеют долю ВИЭ в диапазоне от 5 (Тайбень) до 20% (Джайпур) [Международные..., 2018].

Новые «умные» города «с нуля» предполагают создавать многие страны. В Индии планируется создать порядка 100 таких городов. Страны Персидского залива, обладающие необходимыми для этого финансами, имеют амбициозные планы. Один из таких проектов представила Саудовская Аравия. На берегу Красного моря предполагается строительство «умного» города НЕОМ, который с помощью морского моста будет соединен с Египтом. Цель – сделать этот город международным центром, по значимости равным Дубаю. Он будет центром связи между Азией и Африкой. Для создания «умных» городов наиболее перспективны малообжитые и неосвоенные территории. В старопромышленных районах ведущих азиатских стран перевод городской энергетики на ВИЭ предполагается осуществлять по опыту европейских стран, создавая «энергетические кооперативы».

Прогнозы. Спрос на энергию в Азии будет иметь разнонаправленные тенденции. В странах, где проходит индустриализация, темпы роста намного выше, чем в странах с достигнутой высокой долей промышленности в ВВП. Для сравнения приведем данные по ведущим странам, которые к 2040 г. будут иметь следующие темпы роста по ВВП, потреблению энергии и по доле в ВИЭ в ТЭБ (%/год): Китай – 4,3; 2,4; 4,8; Индия – 6,4; 3,2; 13,1; Япония – 0,7; 0,9; 4,4. Рост потребления будет соответствовать росту городского населения.

Для осуществления энергоперехода в рамках азиатской модели развития энергетики потребуются средства в размере 1,5 трлн долл. к 2050 г., которые в значительной мере будут заимствованы на мировом финансовом рынке. Однако в Азии на пути энергоперехода стоит ряд проблем, как свойственных мировой энергетике в целом, так и чисто азиатских. Рассмотрим азиатские проблемы.

В 2021 г. ООН приняла решение о создании дорожной карты по ускоренному достижению целей в области устойчивого развития, где Азии, особен-

но АТР, отводится важная роль в реализации этих целей, особенно в области энергетики. Основными элементами в этих планах стали: преодоление разрыва в обеспечении доступа к энергоресурсам; быстрый переход к низкоуглеродным источникам энергии; использование инноваций и новейших технологий в отрасли; обеспечение энергетики необходимыми финансовыми ресурсами [Реализация..., 2022]. При реализации дорожной карты важным фактором становится региональное сотрудничество для создания устойчивой энергетики, что является не только важной экономической проблемой, но и важной геополитической задачей.

В Азии в ТЭБ преобладает уголь во всех регионах, за исключением Ближнего Востока. Во время перехода доля угля в ТЭБ должна снижаться, в Азии же она растет, особенно после пандемии. Снижению доли угля препятствуют следующие причины. Во-первых, в угольной промышленности занято большое число людей. Только в Китае на шахтах занято 5,5 млн чел. Закрытие шахт вызовет сильную безработицу, что повлияет на социальную обстановку. Освобожденные трудовые ресурсы по идее должны пойти в ВИЭ. В Китае сейчас в этой отрасли занято 4,7 млн чел., в Индии – 0,7 млн [Renewable Energy..., 2021]. Но, как уже отмечалось, низкие доходы бюджетов большинства стран не позволяют перейти на ВИЭ. По прогнозу [World Energy..., 2019] в период с 2018 по 2040 г. спрос на уголь в мире будет расти на 4,2% в год. Во-вторых, электроэнергетике присуща высокая инерционность. Срок службы угольных ТЭС в среднем составляет 60 лет, поэтому предстоит постепенный вывод таких ТЭС. В Юго-Восточной Азии это процесс идет довольно активно. Ввод новых будет происходить только за счет тех, что сейчас находятся в стадии строительства. В-третьих, промышленность является крупным потребителем угля, для сокращения его потребления потребуются коренная смена технологий, что невозможно осуществить до 2030–2040 гг. Большое значение для планирования ТЭБ будет иметь принятие решений на уровне государственных органов, которые должны учитывать не только экономические критерии, но и социальные и политические аспекты [Стоимость..., 2019].

ТЭБ в Азии в 2030–2040 гг. будет выглядеть следующим образом (в %): уголь – 0,8; нефть – 36,7; газ – 55,7; АЭС – 1,6; ВИЭ – 5,2 [World..., 2019]. В этом прогнозе хорошо видны региональные различия. Высокая доля углеводородов присуща странам Ближнего Востока, газа – странам АТР. Низкую долю ВЭС и других нетрадиционных электростанций в странах АСЕАН можно объяснить тем, что они не планируют широко внедрять ВИЭ, поскольку делают ставку на энергетическую интеграцию,

при которой они будут покупать «чистую» энергию у стран с высокой долей ВИЭ.

Перестройка ТЭБ в Азии, по нашему мнению, займет больше времени, чем обозначено в программах ООН. Недаром Китай с его огромным и постоянно растущим потреблением намерен закончить энергопереход только к 2060 г., это наиболее вероятный срок для большинства азиатских стран, за исключением Японии. Для удовлетворения растущего спроса потребуются новые энергетические технологии. При внедрении ВИЭ увеличивается потребность в маневрировании мощностями в энергосистемах, что может вызвать рост межстрановых передач электроэнергии, но для этого пока нет необходимой энергетической инфраструктуры.

ВЫВОДЫ

Азиатская модель энергетического перехода отличается от аналогичных в ЭРС по причине наличия в регионе стран, находящихся на разных уровнях экономического развития – от беднейшего Афганистана до входящей в ЭРС Японии. Поэтому внедрение ВИЭ как обязательного элемента энергоперехода проходит разнонаправленно. Однако он имеет высокие темпы роста за счет внедрения ВИЭ в бытовой сектор во многих странах.

Благодарности. Работа выполнена в рамках гос. задания АААА-А-19-119022190170-1 (FMCE-2019-0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белогорьев А. Политика Японии: между инерцией и прорывом // Энергетическая политика. 2021. № 9(163). С. 24–41.
- Белогорьев А.М., Бушуев В.В., Громов А.И., Куричев Н.К., Мастепанов А.И., Троицкий А.А. Тренды и сценарии развития мировой энергетики в первой половине XXI в. М.: Энергия, 2011. 68 с.
- Вечканов Г.С. Экономическая теория. СПб.: Питер, 2008. 240 с.
- Горкина Т.И. Концепция «центр – периферия» по отношению к мировой энергетике // Российская глубинка – модели и методы изучения. М.: Эслан, 2012б. С. 164–176.
- Горкина Т.И. Формирование азиатского энергетического рынка // Региональные исследования. 2012а. № 5 (35). С. 134–145.
- Добринская О.А. Подход Японии к энергетической безопасности в восточной Азии // Ежегодник Японии. 2009. № 38. С. 103–121.
- Корнеев К.А. Внутренняя энергетическая политика Японии: новый этап развития // Восточная Азия: прошлое, настоящее, будущее. М.: ИДВ РАН, 2020. С. 149–159.
- Кошкин С.П. Оценка потенциала развития ветровой энергетики на региональном уровне (на примере штата Риу-Гранди-ду-Норти, Бразилия) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 3. С. 93–98.
- Лопатников Д.Л. Вклад стран и регионов в мировую эмиссию CO₂ как один из индикаторов изменений в глобальной геоэкологической панораме // Региональные исследования. 2019. № 4(46). С. 120–142.
- Лопатников Д.Л. Миграция мирового центра экологического неблагополучия и геоэкологический переход // Известия РАН. Серия географическая. 2020. № 5. С. 728–736. DOI: 10.31857/s2587556620050106.
- Международные тенденции в области возобновляемых источников. Лондон: Deloitte Insights, 2018. 39 с.
- Рамазанов Ж.Ш. Азиатская модель как вторая модель рынка // Известия Томского политехнического ун-та. 2008. Т. 312. № 6. С. 69–70.
- Расширение мандата // Финансы и развитие. Ежеквартальный журнал МВФ. Июнь 2014. Вып. 51. № 2. С. 47–50.
- Реализация глобальной дорожной карты ускоренных действий по достижению цели 7 в области устойчивого развития в АТР. Бангкок, 2022. 15 с.
- Укрепление сотрудничества стран Средней Азии в использовании передовых технологий в эффективности и возобновляемых источников энергии / Проект Европейской Экономической Комиссии ООН. Минск, 2013. 102 с.
- Asia and the Pacific, Renewable Energy Status Report, UN, ESCAR, 2021, 140 p.

- Asian and the Pacific*, Renewable Energy Statistical Report, Asia development bank, 2020, 138 p.
- Attracting Private Finance to Transmission in the Asia-Pacific Region, ESCAP working paper series, June 2022, 39 p.
- BP Statistical Review of World Energy 2002, 44 p.
- BP Statistical Review of World Energy 2021, 72 p.
- BP Statistical Review of World Energy 2022, 60 p.
- Impact of Renewables on the Asia Energy mix, Openlink, ION Investment Group Company, 2022, 11 p.
- Renewable Energy and Jobs, Annual Review 2021, IRENA, 2021, 98 p.
- Renewable Energy Statistics 2021, IRENA, 2021, 60 p.
- Renewable Generation, Report 2021, Government of India, New Delhi, 2021, 25 p.
- Selestien V.* Renewable and Sustainable Energy Review Environmental Impact of Renewable Energy Power Plants, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 2021, vol. 151, p. 111626.
- Southeastern Asia Energy Outlook, IEA, 2022a, 144 p.
- Southeastern Asia Region Initiative, IPENA, Asia, 2022b, 128 p.
- Total Energy Production 2019, EIA, 2020, 85 p.
- Vallerstein I.* Modern World System, vol. 1, Cambridge, 1974, 753 p.
- World Energy Transitions Outlook 2021, IRENA, 2021, 352 p.
- Электронные источники*
Возобновляемые источники энергии и смягчение воздействий на изменение климата / Специальный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), 2011. 247 с. URL: https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_ru.pdf (дата обращения 15.02.2019)
- Стоимость декарбонизации: издержки в энергетических системах с большими долями ядерной и возобновляемой энергии / Агентство по ядерной энергии, Организация экономического сотрудничества и развития / АЯЭ №7299, ОЭСР, 2019. 228 с. URL: <https://rosatom.ru/upload/docs/Decarbonisation.pdf> (дата обращения 15.02.2020).
- Global Energy Transition Statistics, 2021, World Energy and Climate Statistics, Yearbook, URL: <https://yearbook.enerdata.net/> (дата обращения 15.02.2019).
- International Energy Outlook, 2005, U.S. Energy Information Administration (EIA), URL: [https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo05/pdf/0484\(2005\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo05/pdf/0484(2005).pdf) (дата обращения 15.02.2019).
- Renewable Capacity by Highlights, IRENA, 2021, 3 p. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Apr/IRENA_-RE_Capacity_Highlights_2021.pdf?la=en&hash=1E133689564BC40C2392E85026F71A0D7A9C0B91 (дата обращения 15.02.2022).
- Renewable Energy Market Analysis: Southeast Asia*, IRENA, 2018, 167 p., URL: <https://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-Energy-Market-Analysis-Southeast-Asia> (дата обращения 15.02.2019).

Поступила в редакцию 14.02.2022

После доработки 04.11.2022

Принята к публикации 01.12.2022

SPECIAL FEATURES OF ENERGY TRANSITION IN ASIAN COUNTRIES

T.I. Gorkina

*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Senior Scientific Researcher,
Ph.D. in Geography; e-mail: gorkinati@yandex.ru*

The current stage of development of the world energy industry is taking place in line with the fourth industrial revolution, characterized by the changing ways of life and the introduction of new technologies based on R&D. Environmental pollution has reached a large scale, and as a result it has become necessary to change the structure of modern fuel and energy balance in favor of renewable and non-traditional energy sources. Asian countries vary widely in terms of the level of economic development, making it difficult to create an integrated energy market in Asia. A typology of countries according to the level of economic development was elaborated on the basis of a multi-scale analysis using traditional methods of economic geography. In total these countries rank first in the world in terms of greenhouse gas emissions, accounting for almost 60% of pollutants released into the environment. The fuel and energy balance of Asian countries is characterized by a high proportion of coal, which contributes to the large-scale environment pollution. In accordance with international practice, the countries of the continent adopted energy programs aimed at lesser emissions by reducing the share of coal and switching to low-carbon energy sources. The energy transition can take place primarily in the leading Asian countries that have necessary financial resources. Most Asian countries are at the early stages of industrialization, and the energy transition is almost impossible at this stage because they use energy-intensive industrial technologies. The urgent need to stop climate change comes into conflict with rising energy consumption. Asia has become the world's leader in energy consumption, as it takes place not only in industry, but also in the utility sector, because 4.2 billion people, or more than 50% of the world's urban population, live in cities. China has become a leader in the introduction of renewable energy sources, the country has developed and implements new environmental standards that will achieve carbon neutrality by 2060 through the accelerated commissioning of new zero-emission power plants. The rejection of coal could aggravate socio-economic problems

of Asia because of its high share in the fuel and energy balance and the large number of people employed in the industry. In line with the sustainable development goals, the Asian countries try to introduce renewable energy sources based on the local comparative advantages.

Keywords: energy transition, renewable energy sources, country typology, Center – Periphery concept, smart city

Acknowledgements. The work was carried out under the State assignment AAAA-A-19-119022190170-1 (FMGE-2019-0008).

REFERENCES

- Asia and the Pacific*, Renewable Energy Status Report, UN, ESCAR, 2021, 140 p.
- Asia and the Pacific*, Renewable Energy Statistical Report, Asia development bank, 2020, 138 p.
- Attracting Private Finance to Transmission in the Asia-Pacific Region*, ESCAP working paper series, June 2022, 39 p.
- Belogor'ev A. Politika Yaponii: mezhdru inertsiie i proryvom [Japanese policy: between inertia and breakthrough], *Energeticheskaya politika*, 2021, no. 9 (163), p. 24–41. (In Russian)
- Belogor'ev A.M., Bushuev V.V., Gromov A.I., Kurichev N.K., Mastepanov A.I., Troitskii A.A. *Trendy i stsennari razvitiya mirovoi energetiki v pervoi polovine XXI v.* [Trends and scenarios for the development of world energy in the first half of the 21st century], Moscow, ID Energiya, 2011, 68 p. (In Russian)
- BP Statistical Review of World Energy 2002*, 44 p.
- BP Statistical Review of World Energy 2021*, 72 p.
- BP Statistical Review of World Energy 2022*, 60 p.
- Dobrinskaya O.A. Podkhod Yaponii k energeticheskoi bezopasnosti v vostochnoi Azii [Japan's Approach to Energy Security in East Asia], *Ezhegodnik Yaponii*, 2009, no. 38, p. 103–121. (In Russian)
- Gorkina T.I. Formirovanie aziatskogo energeticheskogo rynka [Formation of the Asian energy market], *Regional'nye issledovaniya*, 2012, no. 5 (35), p. 134–145. (In Russian)
- Gorkina T.I. Kontsepsiya "Tsentri – Periferiya" po otnosheniyu k mirovoi energetike, Rossiiskaya glubinka: modeli metody izucheniya [The concept of "Center – Periphery" in relation to the world energy], *Russian outback: models and methods of study*, Moscow, IGRAN, 2012, p. 164–176. (In Russian)
- Impact of Renewables on the Asia Energy mix*, Openlink, ION Investment Group Company, 2022, 11 p.
- Korneev K.A. [Japan's domestic energy policy: a new stage of development], *Vostochnaya Aziya: proshloe, nastoyashchee, budushchee* [East Asia: past, present and future] Moscow, IDV RAN, 2020, p. 149–159. (In Russian)
- Lopatnikov D.L. Vklad stran i regionov v mirovuyu emissiyu CO₂ kak odin iz indikatorov izmenenii v global'noi geokologicheskoi panorame [Contribution of countries and regions to the global CO₂ emission as an indicator of changes in the global geoeological panorama], *Regional'nye issledovaniya*, 2019, no. 4(46), p. 120–142. (In Russian)
- Lopatnikov D.L. Migratsiya mirovogo tsentra ekologicheskogo neblagopoluchiya i geokologicheskii perekhod [Migration of the world center of ecological trouble and geoeological transition], *Izvestiya RAN, Seriya geograficheskaya*, 2020, no. 5, p. 728–736. (In Russian)
- Mezhdunarodnye tendentsii v oblasti vobnovlyayemykh istochnikov* [International trends in renewable sources], London, Deloitte Insights, 2018, p. 39. (In Russian)
- Novosti OON* [UN News] 2022. (In Russian)
- Ramazanov G.Sh. Aziatskaya model kak vtoraya model rynka [Asia's model as a second market model], *Izvestia Tomskogo universiteta*, 2008, vol. 312, no. 6, p. 69–70. (In Russian)
- Rasshirenie mandata [Mandate expansion], *Finance and Development*, IMF Journal, June 2014, iss. 51, no. 2, p. 47–50. (In Russian)
- Realizatsiya global'noy dorozhnoy karty uskorennykh deystviy po dostizheniyu tseli 7 v oblasti ustoychivogo razvitiya v ATR* [Implementation of a global roadmap for accelerated action to achieve Sustainable development goal 7 in the Asia-Pacific region], Bangkok, 2022, 15 p. (In Russian)
- Renewable Energy and Jobs*, Annual Review 2021, IRENA, 2021, 98 p.
- Renewable Energy Statistics 2021*, IRENA, 2021, 60 p.
- Renewable Generation, Report 2021*, Government of India, New Delhi, 2021, 25 p.
- Selestien V. Renewable and Sustainable Energy Review Environmental Impact of Renewable Energy Power Plants, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 2021, vol. 151, p. 111626.
- Southeastern Asia Energy Outlook*, IEA, 2022a, 144 p.
- Southeastern Asia Region Initiative*, IPENA, Asia, 2022b, 128 p.
- Total Energy Production 2019*, EIA, 2020, 85 p.
- Ukrepnenie sotrudnichestva stran Srednei Azii v ispol'zovanii peredovykh tekhnologii v effektivnost i vobnovlyayemye istochniki energii* [Strengthening cooperation between Central Asian countries in the use of advanced technologies in efficiency and renewable energy sources], United Nations Economic Commission for Europe Project, Minsk, 2013, 102 p. (In Russian)
- Vallerstein I. Modern World System*, vol. 1, Cambridge, 1974, 753 p.
- Vechkanov G.S. *Economicheskaya teoriya* [Economic theory], Saint Petersburg, Piter Publ., 2008, 240 p. (In Russian)
- World Energy Transitions Outlook 2021*, IRENA, 2021, 352 p.
- Web source*
- Global Energy Transition Statistics, 2021, World Energy and Climate Statistics, Yearbook, URL: <https://yearbook.enerdata.net/> (access date 15.02.2019).
- International Energy Outlook, 2005, U.S. Energy Information Administration (EIA), URL: [https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo05/pdf/0484\(2005\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo05/pdf/0484(2005).pdf) (access date 15.02.2019).
- Renewable Capacity by Highlights*, IRENA, 2021, 3 p. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Apr/IRENA_-RE_Capacity_Highlights_2021.pdf?la=en&hash=1E133689564BC40C2392

- E85026F71A0D7A9C0B91 (access date 15.02.2022).
Renewable Energy Market Analysis: Southeast Asia, IRENA, 2018, 167 p., URL: <https://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-Energy-Market-Analysis-Southeast-Asia> (access date 15.02.2019).
- Stoimost' dekarbonizatsii: izderzhki v energeticheskikh sistemakh s bol'shimi dolyami yadernoi i vozobnovlyaemoi energii* [The cost of decarbonization: expenses in energy systems with large share of nuclear and renewable energy], Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Cooperation and Development / NEA, no. 7299, OECD, 2019, 228 p., URL: <https://rosatom.ru/upload/docs/Decarbonisation.pdf> (access date 15.02.2020). (In Russian)
- Vozobnovlyаемые источники энергии и смягчение воздействия на изменение климата*, Spetsial'nyi doklad mezhpriavitel'svennoi gruppy ekspertov po izmeneniyu klimata [Renewable energy sources and Climate Change Mitigation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change], 2011, 247 p., URL: https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_ru.pdf (access date 15.02.2019) (In Russian)

Received 14.02.2022

Revised 04.11.2022

Accepted 01.12.2022