

РАЗВИТИЕ ПЕРЕХОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ИНДИИ: ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Г.В. Сдасюк¹, Н.Н. Алексеева²

¹ Институт географии РАН, лаборатория географии мирового развития,
вед. науч. сотр., проф., д-р геогр. наук; e-mail: galsdas@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра
физической географии мира и геоэкологии, и. о. зав. кафедрой, доц., канд. геогр. наук; e-mail: nalex01@mail.ru

Рассматривается изменение функций основных секторов энергетики Индии как важного звена развития мирового энергетического перехода. На основе анализа статистических данных международных агентств и профильных индийских источников за 1990–2019 гг. характеризуются меняющиеся функции и соотношение энергетических секторов Индии, связанные с технологическими инновациями, их участие в эколого-экономическом развитии микс-энергетики, в том числе по реализации климатической политики и выполнению национальных обязательств в рамках Парижского соглашения по климату. Сопоставление официальных целей переходной энергетики в Индии с реальными тенденциями развития энергетических секторов позволило выявить ее проблемы и противоречия на современном этапе, в том числе связанные с экономическими ограничениями из-за пандемии COVID-19. Охарактеризован современный этап и прогнозы развития угольной промышленности – базы индустриализации Индии, которая остается ведущим сектором ее энергетики, требующим инноваций, диверсификации переработки, повышения эколого-экономической эффективности. Показан рост значения Индии как мирового нефтегазового импортера и хаба нефтепереработки. Подчеркивается доминирующая задача ускоренного развития газификации в рамках переходной энергетики. Анализируется ускоренное освоение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) с приоритетными программами развития солнечной энергетики. В условиях ограниченных площадей для размещения солнечных электростанций распространяется их совмещение с водными объектами, ирригационными каналами. Отмечается целесообразность использования некусусного подхода для изучения комплекса «водные ресурсы – энергетика – продовольствие – экосистемы». Оцениваются перспективы достижения национальных обязательств Индии в рамках Парижского соглашения с учетом сложности поэтапного отказа от угля и ускорения перехода на возобновляемые источники, которое может способствовать решению многих социально-экономических проблем и улучшению состояния окружающей среды. Изучение опыта Индии свидетельствует, что эффективность переходной энергетики связана с гармонизацией развития всех секторов микс-энергетики.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, потребление электроэнергии, эмиссии парниковых газов

ВВЕДЕНИЕ

Центральная тема политических и научных дискуссий нашего времени – переходная энергетика (ПЭ) в контексте предотвращения и смягчения климатических изменений. Движущей силой потепления климата на официальном международном уровне признается углеродная энергетика, источник двух третей глобальных выбросов парниковых газов. В программах перехода к устойчивому развитию ставится цель достичь к 2050 г. «углеродной нейтральности» путем перехода использования от ископаемых углеродных ресурсов к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Такой переход связан с технологическим прогрессом, изменениями энергоэкономических и социально-экологических систем. По оценкам, этот сложный процесс требует колоссальных инвестиций в размере 95 трлн долл. США [Pikazo, 2020].

Принятое ООН 12 декабря 2015 г. Парижское соглашение по климату направлено на «активизацию осуществления» Рамочной конвенции ООН по изменению климата (1992). Премьер-министр Индии Н. Моди был наряду с президентом Франции Э. Макроном инициатором этого соглашения. Э. Макрон и Н. Моди получили премии «Чемпион Земли» (Champions of the Earth Award) в 2017 г. Парижским соглашением поставлена цель: удержать в этом столетии рост средней глобальной температуры «намного ниже» 2°C и «приложить усилия» для ограничения роста температуры величиной 1,5°C. Пик эмиссии CO₂ должен быть достигнут «настолько скоро, насколько это окажется возможным». Участники подписания Парижского соглашения (194 государства и Европейский Союз, 2021 г.) определяют свой вклад в достижение поставленных целей и пересматривают планы через

пятилетие. Механизмы принуждения не предусматриваются.

Независимая Индия добилась выдающихся успехов в развитии энергетики при ограниченных природных ресурсах в условиях многоукладной структуры хозяйства. Индия – главный двигатель роста мирового спроса на энергию в 2020–2040 гг.: по базовому варианту прогноза Международного энергетического агентства ее доля оценивается в 25% этого прироста [International Energy..., 2020]. По развитию ВИЭ Индия занимает второе место после Китая. Индийский опыт заслуживает особого внимания со стороны России, сохраняющей привилегированное стратегическое сотрудничество с Индией при ведущей роли сферы энергетики.

Цель статьи – выявление меняющихся функций и соотношения энергетических секторов Индии за последние десятилетия в контексте проблем формирования переходной энергетики. В задачи статьи входит анализ структуры микс-энергетики Индии, в том числе углеводородной, современного этапа ускоренного роста электроэнергетики, приоритетного развития солнечной энергетики. Ускоренное развитие ВИЭ рассматривается в контексте климатической политики и обязательств, взятых Индией в рамках Парижского соглашения по климату.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статья базируется на фундаментальных отечественных исследованиях эволюции социально-экономической модели независимой Индии и ее энергетического хозяйства [Маляров, 2010; Сдасюк, 2021]. Критически анализируются публикации Международного энергетического агентства (МЭА), Международного агентства возобновляемой энергии, других международных организаций, материалы стратегического планирования Индии в сфере переходной энергетики.

В мире разрабатывается много сценариев перехода от углеродной энергетики к энергетике на возобновляемых источниках. МЭА, флагман работ в этой сфере, публикует ежегодные обзоры мировой энергетики, включающие перспективы экономического развития, энергетической безопасности и охраны окружающей среды. Эти проблемы рассматриваются также Международным агентством возобновляемой энергии, Всемирным экономическим форумом по содействию эффективному энергетическому переходу (World Economic Forum Fostering Effective Energy Transition initiative) и др. Публикуемые сценарии не отличаются последовательностью и довольно противоречивы. В ежегодном Обзоре 2021 г. научно-консультативного центра BloombergNEF «Перспективы новой энергетики»

(New Energy Outlook) подчеркивается: «Энергетический переход отличается неопределенностью». Эксперты считают: «Водород, ядерная энергия и улавливание углерода могут сыграть важную роль в достижении миром нулевых показателей выбросов, и каждая из этих технологий требует дальнейшего развития» [Три сценария перехода..., 2020]. В Обзоре акцентируется необходимость увеличить ежегодные инвестиции в энергетический сектор как минимум вдвое и сделать это «как можно скорее, поскольку уже в 2050 г. доля электричества в конечном потреблении энергии повысится до 49% от современного уровня 19%» [New Energy Outlook, 2021, с. 37]. По оценкам, для достижения нулевого уровня выбросов парниковых газов в 2050 г. долю расходов на энергию следует увеличить в глобальном ВВП с 8% до 25% к 2035 г. Возможные источники капиталовложений не определяются.

В период коронавирусной пандемии трудности реализации климатического соглашения усугубились. Согласование «набора правил» для углеродных рынков достичь не удалось. В докладе ЮНЕП (2019) отмечается, что страны – участники Парижского соглашения планируют увеличивать добычу ископаемого топлива вплоть до 2040 г. [The Production Gap, 2019]. Научное обоснование альтернативных вариантов перехода к устойчивому развитию требует активизации географических и других междисциплинарных исследований. Индия представляет один из важнейших ключевых региональных объектов изучения в этой области.

Сопоставление целей развития переходной энергетики в Индии с реальными тенденциями ее развития проведено с использованием статистических данных за 1990–2019 гг., которые позволяют выявить проблемы и противоречия переходной энергетики, что необходимо для обоснования целесообразности планирования сбалансированного развития секторов микс-энергетики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Энергетика Индии. По объему потребления энергии (6,5% мирового, 2020) Индия уступает Китаю, США и Европейскому Союзу. Современный уровень индийского душевого потребления – 626 кг в нефтяном эквиваленте – втрое ниже мирового (1860 кг). В базовом варианте прогноза МЭА на 2019 г. энергопотребление в Индии вырастет к 2040 г. почти в два раза, на ее долю придется 25% роста мирового спроса на энергию. К 2050 г. Индия обгонит США по энергопотреблению и будет уступать только Китаю. Период пандемии COVID-19 привел к нарастанию неопределенности в этой сфере. Так, до пандемии рост энергопотребления Индии в 2019–2030 гг.

предполагался на 50%, в 2021 г. он оценивался уже в 25–35%. После преодоления трудностей, вызванных пандемией, ожидается возвращение Индии на траекторию динамичного роста энергетики.

Официальные цели индийской энергетической политики – доступность энергии по приемлемым ценам, улучшение безопасности и независимости, повышение устойчивости, экономический рост [Draft National Energy Policy..., 2017]. Дефицит собственных энергетических ресурсов – одна из сложнейших проблем развития Индии, на которую приходится лишь 0,04% мировых запасов углеводородов. Рост их добычи отстает от быстрого увеличения спроса. Страна испытывает особенно острый дефицит нефтегазовых ресурсов. За счет импорта Индия удовлетворяет 82% потребностей в нефти и 50% природного газа (на 2019 г.). Ввоз нефти – крупнейшая статья индийского импорта. Уголь доминирует в индийских энергетических ресурсах, но коксующиеся и высокие сорта угля приходится импортировать. Зависимость Индии от импорта ископаемого топлива усиливается.

Структуру индийского энергопотребления составляют уголь (каменный, бурый, лигниты) – 49,6%, нефть – 28,1, природный газ – 7,3, биомасса – 11,6, возобновляемые источники энергии – 2,2, атомная энергия – 1,2% (на 2017 г.) [Strategy for New India..., 2018].

Доля традиционного топлива из биомассы в первичной энергии Индии снижается, но остается значительной: 32% в 2000 г., 17% в 2018 г. В крупных странах она не достигает и 10%. Почти половина индийского населения (около 660 млн чел.) использует для приготовления пищи дрова и хворост.

Эмиссии парниковых газов в Индии в 1990–2020 гг. колебались (как и темпы экономического роста), составляя в среднем 6,5–7,2% в год. Они опустились в период экономической рецессии 2008 г. до 3,9%. Ежегодный прирост эмиссии парниковых газов составлял 4,7% до 2008 г., после 2009 г. темпы прироста возросли до 5,5% в год, что связано с возросшим потреблением угля (с 2009 г. – на 52%) и в меньшей степени – нефти (на 37%). В структуре эмиссии углекислого газа от сжигания горючего топлива 70% приходится на уголь, 27% – на нефтепродукты, 3% – на природный газ [Trends..., 2020].

Угольная промышленность. Запасами угля Индия наделена лучше, чем другими ископаемыми энергетическими ресурсами. Они оцениваются в 286 млрд т (7% мировых запасов). Однако преобладают угли низкого качества с высокой зольностью, запасы коксующихся углей недостаточны. Развитие тяжелой промышленности, требующей высокосортные угли, вызывает увеличение их импорта, который поднялся с 67,04 млн т в 2010/11 до 248,9 млн т

в 2019/20 г. [Сдасюк, 2021]. Индия планирует покупать почти весь российский коксующийся уголь и антрацит, поставляемые на экспорт, – обсуждаются ежегодные поставки порядка 40 млн т стоимостью 4,5 млрд долл. США по текущим ценам [Зайнуллин, Скорлыгина, 2020].

По объему угледобычи Индия занимает третье место в мире. Добыча угля, главного энергетического источника и выработки электроэнергии в стране, быстро растет. Она увеличилась с 114 млн т в 1980/81 до 310 млн т в 2000/01 и до 731 млн т в 2019/20 г. при среднегодовом росте добычи 3,58% в течение последнего десятилетия.

При абсолютном росте угледобычи доля угля в структуре энергетического потребления снизилась с 80,3% в 1953/54 до 49,6% в 2017 г. Производство электроэнергии поглощает 78% добываемого угля, остальное используется в промышленности. В 2019 г. были введены мощности 8,2 ГВт угольных ТЭС, в процессе строительства находятся ТЭС мощностью 19,3 ГВт, начато сооружение новых ТЭС на 8,8 ГВт [Shearer, 2020]. В Национальном плане производства электроэнергии планируется увеличение мощности угольных ТЭС в 2022–2027 гг. на 46 ГВт. Угледобыча – важная сфера занятости населения (333 тыс. чел., 2015 г.), что чрезвычайно важно для Индии с высоким уровнем безработицы. Стремясь сделать уголь более конкурентоспособным по цене с солнечной энергией, правительство Н. Модии отказалось в 2021 г. от налога на уголь 5,61 долл. США за тонну, который взимался с добычи и импорта [Indian government..., 2020].

Для Индии крайне невыгоден проект Евросоюза (программа Fit for 55, опубликована 14.07.2021) о введении в целях борьбы с парниковыми газами «углеродного налога» (carbon tax) на ввозимые в ЕС товары. Размер налога будет определяться по объему выбросов парниковых газов на тонну продукции. В категорию продукции, облагаемой углеродным налогом, входят железо, сталь, алюминий и изделия из них, электроэнергия, удобрения, цемент. В будущем углеродный налог может быть распространен на нефтепродукты и другую продукцию. Предполагается, что импортный углеродный налог будет постепенно увеличиваться до 100% в течение 2026–2035 гг. С 2023 г. поставщики на европейский рынок должны отчитываться о выбросах парниковых газов на тонну продукции. При этом не существует четких критериев определения объемов выбросов парниковых газов разными видами производств. Весьма волатильны цены на тонну CO₂. Так, в среднем в 2019 г. они составляли 30 евро, а в 2021 г. более 50 евро [Европейская климатическая программа..., 2021]. Введение углеродного налога по существу дискриминационно в отношении стран

с соответствующими экспортными отраслями. Индия (как и Россия) относится к их числу.

Индии приходится решать противоречивые задачи дальнейшего развития угольной промышленности и снижения парниковых выбросов. Рациональное решение проблемы связано с технологическими инновациями и диверсификацией углепереработки – подземной газификацией угля, развитием углеобогачительных и коксохимических производств. Это перспективная область расширения индо-российского сотрудничества: индийские инвестиции в угледобычу России растут, целесообразно увеличение российских поставок горно-шахтного и другого оборудования в Индию.

Глобализация нефтегазовой промышленности Индии. Индия – третий крупнейший мировой потребитель и импортер нефти, четвертый крупнейший регион нефтепереработки. Импортируя нефть (в основном из стран Ближнего Востока), Индия стала одним из крупнейших мировых производителей и экспортеров нефтехимической продукции. Мощность нефтеперерабатывающей промышленности выросла с 0,3 млн т в 1950 г. до 249 млн т в 2019 г. В стране действуют 23 НПЗ, большинство которых находится близ морских портов.

Нефтегазовые ресурсы Индии ограничены: ее разведанные запасы нефти оцениваются в 5 млрд т, 0,5% мирового потенциала. Собственная нефтедобыча удовлетворяет менее $\frac{1}{5}$ потребностей страны. Индия вынуждена тратить на ввоз нефти 30–40% импортных расходов [Сдасюк, 2021]. Первостепенное значение для Индии имеет гарантированное обеспечение нефтью и газом из-за рубежа. В стране ведутся постоянные поисковые работы на нефть и газ.

На условиях соглашений о разделе продукции разведку и разработку месторождений нефти и природного газа (в основном на морском шельфе) ведут индийские и иностранные компании: британские BG Group и Cairn Energy, американская Resources, и российская «Газпром». Растут индийские капиталовложения в нефтедобывающую промышленность на Ближнем Востоке и в Африке.

На государственный сектор приходится 86% добычи нефти и 75% газа. Этим заняты четыре компании центрального правительства: Oil and Natural Gas Corporation Ltd (ONGC), ONGC Videsh Ltd (OVL), Oil India Ltd (OIL), Bharat Petroresources Ltd (BPRI).

В Индии официально ставилась задача снизить импортную зависимость нефти с 82% в 2017 г. до 67% в 2022 г. Однако действительность оказалась иной. Эта зависимость поднялась до 84% в 2018/19 г. и, по оценкам, превысит 90% к 2040 г. В Индии предполагается пятикратное увеличение числа владельцев автомобилей, что делает ее лидером по росту спроса на нефть. Стоимость ее импорта может уд-

воиться в 2019–2030 гг. и составить 181 млрд долл. в 2030 г. с увеличением до 255 млрд долл. в 2040 г. [India's oil demand..., 2018]. Волновая динамика мировых цен на нефть оказывает большое влияние на состояние индийской экономики.

Доказанные запасы природного газа Индии оцениваются в 1340 млрд м³ (2018). Они сосредоточены преимущественно на месторождениях шельфа Аравийского моря, а также в штатах Ассам, Андхра Прадеш, Гуджарат. Транспортировку и реализацию газа осуществляет государственная корпорация Gas Authority of India, владеющая сетью газопроводов протяженностью 11 тыс. км и обеспечивающая свыше 70% всего газового рынка страны. При завершении ведущегося строительства сеть газопроводов расширится до 14 тыс. км.

Пока доля газа составляет лишь 6% индийской энергетики (на 2019 г.) при планах ее увеличения до 15% к 2030 г. Индия стремится к созданию экономики, базирующейся на газе. Зависимость страны от импорта газа растет: его доля в потреблении увеличилась с 20% в 2010 г. до 50% в 2019 г. и достигнет, по оценкам, 60% к 2040 г. Это определяет необходимость подготовки соответствующей инфраструктуры. Наряду с пятью действующими терминалами, принимающими 20 млн т сжиженного газа в год, создаются еще 11 терминалов при ожидаемом импорте 70 млн т. Индии предстоит существенно расширить газопроводную распределительную сеть, из-за недостаточности которой стоимость газа удваивается для потребителя. Страна ведет переговоры и заключает соглашения о поставках газа с Ираном, Туркменией, Бангладеш, Мьянмой.

Природный газ, наименее загрязняющий сектор углеродной энергетики, предстает как «связующий мост» углеродной и зеленой энергетики. Газификация энергоснабжения содействует решению триединой задачи удовлетворения растущего спроса на энергию, сокращения выбросов парниковых газов и уменьшения загрязнения воздуха. Развитие нефтегазовой промышленности – одна из главных сфер сотрудничества России с ее богатейшими газовыми ресурсами и Индии с ее быстрым ростом энергетических потребностей.

Электроэнергетика – ускоренный рост, приоритет солнечной энергетики. Производство и потребности в электроэнергии растут наиболее высокими темпами среди энергетических секторов. Установленная мощность электростанций (ГВт) выросла с 105,0 в 2002 г. до 365,0 в 2019 г. Ее структура: ТЭС – 229,4 (62,9%), альтернативные источники – 83,4 (22,8%), ГЭС – 45,4 (12,4%), атомные электростанции – 6,8 (1,9%). Рейтинг Индии в номинации «Легкость ведения бизнеса – доступность электроэнергии» поднялся с 137-го места в 2014 г.

на 22-е место в 2019 г. Но душевое электропотребление остается низким – 1181 кВтч при среднем уровне 2600 кВт·ч. Продолжение ускоренного роста электроэнергетики Индии необходимо для развития всех секторов хозяйства.

На промышленность приходится максимальная доля потребления электроэнергии и самые высокие темпы ее роста (табл.). Высокая доля электропотребления сельского хозяйства (17,67%) обусловлена массированным распространением электропомп

для откачки подземных вод, основного источника ирригации. В 2018 г. Корпорация сельской электрификации Индии оповестила о полной электрификации страны. Все регистрируемые 597 464 деревни были подключены к сетям электропередачи. Правда, деревня считается электрифицированной, если электроэнергией пользуются 10% домовладельцев. По оценкам, около четверти индийских домохозяйств (40 млн) в 2017 г. оставались без электричества.

Таблица

Электроэнергетика Индии: структура потребления (ГВт·ч)

Год	Промышленность	Сельское хоз-во	Коммунальное хоз-во	Торговля	Транспорт и железные дороги	Прочие	Всего
2010/11	272 589	131 967	169 326	67 289	14 003	39 218	694 392
2015/16	423 523	173 185	238 876	86 037	16 594	62 976	1 001 191
2019/20	551 362	228 172	310 151	103 883	19 577	78 348	1 291 494
Доля в 2019/20, %	42,69	17,67	24,01	8,04	1,52	6,07	100
Темпы прироста за 2010–2019/20, %	8,14	6,27	6,96	4,94	3,79	7,99	7,14

По данным: [Energy Statistics..., 2021].

Стремясь к уменьшению зависимости от импорта ископаемого топлива, Индия с 1970-х гг. предприняла исследования ресурсов ВИЭ и создание институциональной системы их использования. Индия стала первой страной, где в 1992 г. начало действовать Министерство нетрадиционных источников энергии (Ministry of Non-Conventional Energy Sources), именуемое с 2006 г. Министерством новой и возобновляемой энергии (Ministry of New and Renewable Energy). Суммарный потенциал мощностей индийских ВИЭ оценивается в 1098,8 ГВт (31.03.2020) со следующей структурой (в скобках указана потенциальная мощность ГВт): солнечная энергия – 68,3% (749), ветровая энергия – 27,5% (302), малая гидроэнергетика – 1,93% (21), биомасса – 1,6% (17,5), отходы сахарных заводов – 0,5% (5), использование мусора – 0,2% (4) [Energy Statistics..., 2021].

Освоение ВИЭ в Индии ускоряется. В 2011–2020 гг. при среднегодовых темпах роста мощности электроэнергетики 8,6% у ВИЭ они более чем вдвое выше – 19%. Мощности индийских ВИЭ (31.06.2021) достигают 96,95 ГВт, в том числе 41,1 ГВт – от солнечных установок, 39,44 ГВт – от ветряных установок, 10,3 ГВт – от биоэнергетики, 4,8 ГВт – от малой гидроэнергетики, 1,3 ГВт – от использования отходов, мусора. Проекты ВИЭ на 50 ГВт реализуются, на 27 ГВт проходят тендерные процедуры. На ВИЭ приходится 22% мощности

электроэнергетики страны (август 2021 г.). В Индии поставлена задача довести к концу 2022 г. мощности ВИЭ до 175 ГВт, к 2027 г. увеличить их до 275 ГВт, а в 2030 г. до 450 ГВт при повышении их доли до 40% в энергетическом балансе страны [India 2020. Energy Policy..., 2020]. Это самый большой в мире план развития ВИЭ. Однако выполнение планов замедляется. Планируемые 175 ГВт мощности в 2021/22 финансовом году не представляются выполнимыми.

В третьем десятилетии XXI в. солнечная энергия оценивается как самая дешевая электроэнергия в истории мира. В Обзоре мировой энергетики МЭА подчеркивается, что происходит рекордное увеличение новых мощностей солнечной энергии [IEA World Energy Outlook..., 2020]. Стоимость выработки солнечной энергии в Индии, как и во всем мире, быстро снижается. Развитие солнечной энергетики провозглашается как приоритет индийской энергетической политики. В 2010 г. начала действовать Национальная солнечная миссия (National Solar Mission) имени Дж. Неру, поставившая задачу создать к 2022 г. мощности в 20 ГВт, что было достигнуто уже в 2018 г. Солнечная энергетика развивается на импортном (в основном китайском) оборудовании, удовлетворяющем 85% ее потребностей. В 2015–2020 гг. стоимость индийского импорта оборудования СЭС составила 12,93 млрд долл. США, почти втрое больше, чем прямые иностран-

ные инвестиции 4,83 млрд долл. в развитие ВЭИ [Armaan, Karan, 2020].

Индия выступает как лидер развития солнечной энергетики на международной арене. В октябре 2015 г. на Индо-Африканском саммите в Дели Н. Моди призвал участников («сынов Солнца», Suryaputra) создать «Международный солнечный альянс» (International Solar Alliance, ISA). С 2017 г. он действует как международная межправительственная организация со штаб-квартирой в г. Гурграм (близ Дели); его задача – мобилизовать к 2030 г. 1 трлн долл. для инвестиций. Индия внесла 1 млрд рупий в качестве первоначального фонда Альянса, подписанного 121 страной.

Использование солнечной энергии открывает новые горизонты перехода к устойчивому развитию на основе центра сцепления антропогенно-природного взаимодействия – нексуса. По определению Европейской экономической комиссии, «использование нексусного подхода для комплекса “водные ресурсы – энергия – продовольствие – экосистемы” целесообразно для поощрения координации и комплексного планирования и рационального использования взаимосвязанных ресурсов в разных секторах, что может способствовать ускоренному осуществлению повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.» [Оптимальная практика..., 2016].

Логистические цепочки развития солнечной энергетики связаны с секторными и региональными проблемами развития хозяйственной системы Индии, решение которых требует многосторонних изменений и реорганизации. Среди этих проблем:

- развитие солнечной энергетики Индии в основном на импортном оборудовании диктует необходимость создания собственного промышленного производства;

- стабилизация функционирования электросетей определяет необходимость гармонизации развития ВИЭ и системы углеродной энергетики;

- в условиях ограниченных земельных ресурсов Индии размещение проектов СЭС, требующих больших площадей, вызывает конфликты и затрудняет развитие энергетики;

- сооружение плавучих СЭС и СЭС на ирригационных каналах представляет оптимальный вариант нексуса «вода – энергетика – земельные ресурсы», но оно удорожает строительство СЭС и усложняет их обслуживание;

- планирование развития СЭС должно включать оценку финальной стадии технологии демонтажа громоздкого, токсичного оборудования СЭС.

В период пандемии индийское правительство приняло срочные меры, направленные на восстановление траектории быстрого экономического ро-

ста. В мае 2020 г. премьер-министр Н. Моди провозгласил национальную программу «Атманирбхар Бхарат» (Atmanirbhar Bharat) – «Самостоятельная, самодостаточная Индия». При этом подчеркивается, что самообеспечение «не означает изоляцию от мира. Прямые иностранные инвестиции и технологии приветствуются. Атманирбхар Бхарат означает быть более крупной и важной частью мировой экономики» [PM Modi..., 2020]. Развитие производства оборудования СЭС определяется как часть программы «Атманирбхар Бхарат». В апреле 2021 г. правительство распространило проект стимулирования производства (Production Linked Incentive scheme PLI) на производство солнечных модулей и ассигновало на это 602 млн долл. США. В бюджете Индии в 2021 г. был сделан упор на развитие солнечной энергетики и предусматривалось введение защитных барьеров и стимулирование развития собственного производства: с 1 апреля 2022 г. введены таможенные пошлины в размере 25% на импорт аккумуляторных батарей и 40% на импорт модулей.

Установка оборудования солнечной генерации требует тщательного выбора местоположения, эксплуатации СЭС – квалифицированного управления и слежения. В отличие от Западной Европы, где солнечные панели в основном используются индивидуально для установки на крышах домов, в Индии оказалось выгоднее создавать крупные солнечные парки, обеспеченные специальной инфраструктурой, где размещаются электростанции разных компаний.

По конституции Индии развитие электроэнергетики находится в совместной компетенции Центра и штатов, согласие которых необходимо для выделения территорий для развития ВИЭ. В стране разработаны долгосрочные программы развития ВИЭ. По «Программе развития солнечных городов», 2019 г. (Development of Solar Cities Programme), выделены 60 солнечных городов. Потребление традиционной энергии в них в течение 5 лет должно сократиться как минимум на 10% благодаря развитию ВИЭ и повышению энергетической эффективности. Принята схема развития 25 солнечных парков, где для размещения СЭС фирмам предоставляется земля, обеспеченная инфраструктурой [Kumarankandath, 2014].

Строительство СЭС наиболее быстро расширяется в пустынных районах Гуджарата и Раджастана, в засушливых районах Южной и Центральной Индии. В стране создаются крупнейшие в мире солнечные парки. Наиболее известные среди них (2020 г.): 1) Бхадла парк в Раджастане мощностью 2245 МВт на площади свыше 57 км² (самый крупный в мире); 2) Павагада в Карнатаке (2050 МВт);

3) Карнул в Андхра Прадеше (1000 МВт, 24 км²); 4) Рева (750 МВт), Мадхья Прадеш; 5) Камурти (648 МВт), введенный в действие в шт. Тамил Наду в 2017 г. и считавшийся тогда крупнейшим в мире. Камурти состоит из 2,5 млн фотоэлектрических панелей на площади 10 км².

Дефицит площадей затрудняет развитие солнечной энергетики в Индии. Размещение проектов СЭС все чаще вызывает конфликты с местным населением. Решение этой сложной проблемы облегчается «перемещением» создания СЭС с суши на воду. Сооружение СЭС на ирригационных каналах, создание плавучих СЭС на реках и водохранилищах Индии – важное новое направление развития некса «солнечная энергетика – вода». «Водные» СЭС, использующие новейшие технологии, имеют существенные эколого-экономические преимущества. Благодаря охлаждающему воздействию воды производительность панелей повышается на 12,5%. Испарение воды с поверхности водоемов снижается, их затененность препятствует разрастанию водорослей. Но стоимость сооружения СЭС на воде наполовину выше, чем наземных. Усложняется их техническое обслуживание. Контакт модулей и кабелей с водой влечет риски коррозии металлических конструкций и др.

Потенциал мощностей СЭС на ирригационных каналах оценивается в 10 ГВт из расчета, что на половине длины ирригационных каналов в 10 тыс. км на 1 км могут устанавливаться панели мощностью порядка 2 МВт (размещение наземных СЭС мощностью 10 ГВт потребовало бы 16 тыс. га). Первая СЭС мощностью 1 МВт длиной 750 м была введена в строй в 2015 г. (при проектировании с 2011 г.) на канале Сардар Нармада в дистрикте Вадодара штата Гуджарат. В 2014 г. в Индии была принята программа строительства СЭС мощностью 50 МВт на берегах ирригационных каналов (canal banks) и СЭС на 50 МВт над каналами (canal tops). С 2020 г. действуют СЭС в 35 МВт над каналами и СЭС в 15 МВт на берегах каналов [Gupta, 2021].

Плавучие СЭС (Floating Solar Projects) могут быть построены на 10–15% поверхности индийских водоемов. Их потенциал оценивается в 240–300 ГВт. Правительства многих штатов заинтересованы в создании СЭС на водоемах своих территорий. Активно выступают штаты с разветвленной речной сетью – Керала, Ассам, Одиша, Западная Бенгалия. Крупная плавучая СЭС мощностью 10 МВт построена на водохранилище ТЭС Симхадри в шт. Андхра Прадеш [Patel, 2019]. В июле 2022 г. введена в строй плавучая СЭС мощностью 100 МВт на водохранилище ТЭС Рамагандам в шт. Телангана. Правительство шт. Мадхья Прадеш объявило, что крупнейшая в мире плавучая СЭС мощностью 600 МВт, соору-

жаемая на р. Нармада, вводится в эксплуатацию в 2022/23 г. Стоимость ее строительства – 410 млн долл., финансируется Международной финансовой корпорацией и индийской государственной корпорацией электросети.

В рамках правительственной программы Ultra Mega Renewable Energy Power Park создается уникальный по масштабам и структуре «Парк возобновляемой энергетики». В пределах солончаковой пустыни на полуострове Кач шт. Гуджарат, где действуют две угольные ТЭС, водится солнечный парк общей мощностью 30 ГВт на площади 726 км² (сопоставимой с территорией Сингапура). В этом центре зеленой энергетики планируется развитие производства экологически чистого водорода в промышленных масштабах. Стоимость строительства центра оценивается в 20 млрд долл. США.

«Национальный План Водородной Энергетики» был разработан в Индии еще в 2005 г. Новый импульс развитию водородной энергетики был дан в 2020 г., когда Н. Модии объявил о создании Национальной миссии водородной энергетики (National Hydrogen Energy Mission), что было включено в индийский бюджет на 2021/22 г.

Развитие водородной энергетики, которое стало рассматриваться почти как панацея прекращения выбросов парниковых газов, при большой привлекательности (водород – самый распространенный химический элемент на планете), требует изучения и решения многих проблем, начиная с производства водорода. Источниками такого производства служат на 78% переработка природного газа и нефти, 18% – переработка угля, лишь 4% «зеленого» водорода обеспечивается ВИЭ в основном при электролизе воды. Стоимость такого производства чрезвычайно высока. Таким образом, основой получения «чистой» водородной энергетики является «грязная» углеродная энергетика.

Проект Национальной политики электроэнергетики – НЭП (Draft National Electricity Policy) (апрель 2021 г.), содержит важные положения энергетической стратегии Индии на следующие 5–10 лет. Ее цель – «использование своего топлива, которое сократит затраты тяжело зарабатываемой валюты, сделает электричество доступным для всех потребителей, поможет уменьшить волатильность развития, связанную с колебаниями глобального рынка энергетики» [Electricity policy, 2021].

Приоритет развития солнечной энергетики рассматривается в контексте целесообразности «гибридного» развития солнечно-ветровой, солнечно-биоэнергетической, солнечно-гидроэнергетической энергии, а также в связи с электроэнергией атомных электростанций, высокая экологическая эффективность которых получила признание. Лейтмотив

индийского проекта НЭП – двуединство решения задач климатических и экономических. В проекте подчеркивается взаимосвязанность процессов оптимизации микс-генераций и эффективности энергетических секторов, распределения электроэнергии, работы сетей, влияния рынка и государственного регулирования. Острая проблема – диспропорция развития: при мощностях генерации в 35 ГВт мощность трансмиссии электросетей составляет всего 24 ГВт. «Избыточная» электроэнергия не используется при ее нехватке в хозяйстве и во многих районах. Осуществление планов развития энергетики на инновационной технологической основе зависит от участия в этом ведущей энергетической корпорации НТПК, других крупных государственных и частных компаний, штатов, в ведении которых наряду с Центральным правительством находится электроэнергетика.

Переходная энергетика и климатическая политика. Развитие зеленой энергетики тесно связано с выполнением обязательств, добровольно взятых на себя Индией в рамках Парижского соглашения по климату. Страна поставила цель – к 2030 г. достичь 40% установленных мощностей производства электроэнергии от неископаемых источников, а также мощности 450 ГВт на основе ВИЭ. Кроме того, Индия берет обязательство снизить интенсивность выбросов на единицу ВВП на 33–35% по сравнению с 2005 г., а также создать дополнительный сток углерода в размере от 2,5 до 3 млрд т CO₂ за счет лесонасаждений [Lahiry, 2021].

По мнению экспертного сообщества, у Индии есть потенциал стать мировым лидером в сфере достижения цели Парижского соглашения в два градуса, учитывая поэтапный отказ от угля и ускорение перехода на возобновляемые источники, что одновременно принесет большие выгоды с точки зрения устойчивого развития, включая улучшение здоровья населения, рост занятости и оздоровление окружающей среды. Интенсивность выбросов может быть сокращена гораздо более резко, чем предполагается в обязательствах, с полностью декарбонизированным производством электроэнергии к 2050 г. [Climate Action Tracker..., 2020]. Ключевой вопрос связан с неопределенностью относительно будущего использования угольных электростанций в Индии, так как развитие угольной энергетики и запланированное увеличение мощностей ТЭС не соответствует целям Соглашения. В соответствии с подходами в рамках Соглашения производство энергии, вырабатываемой на угольных ТЭС в Индии, необходимо прекратить до 2040 г., что представляется нереалистичным. Несмотря на то что добыча угля растет и страна произвела рекордные 700 Мт угля в 2020/21 г., темпы производства энергии на угле замедлились. Индийские

эксперты оценивают эту ситуацию как кризис избыточных мощностей угольных ТЭС, ведущий к замедлению роста выбросов углекислого газа, связанного с энергетикой [Mullyvirta, 2019].

В соответствии с текущей политикой доля ВИЭ в установленной мощности в июле 2022 г. достигла 39% (включая гидроэнергетику), 37% в рамках Национальной политики электроэнергетики. Частично опираясь на гидроэнергетику и ядерную энергетику, Индия достигнет своей цели – 40% неископаемых генерирующих мощностей почти на 10 лет раньше запланированного.

Исходя из текущей политики, доля генерирующих мощностей, не связанных с ископаемым топливом, к 2030 г. может достичь 60–65%, что соответствует 40–43% доли выработки электроэнергии (рис.). Для пути, совместимого с Парижским соглашением, Индии необходимо стремиться к увеличению доли возобновляемой энергии до 65–80% в 2030 и 90% – в 2040 г., при этом 100% возобновляемой энергии можно будет достичь в период с 2040 по 2050 г. [Climate Action Tracker..., 2020]. Перенаправление субсидий с ископаемого топлива на возобновляемые источники энергии может привести к экономии затрат, а также к разнообразным

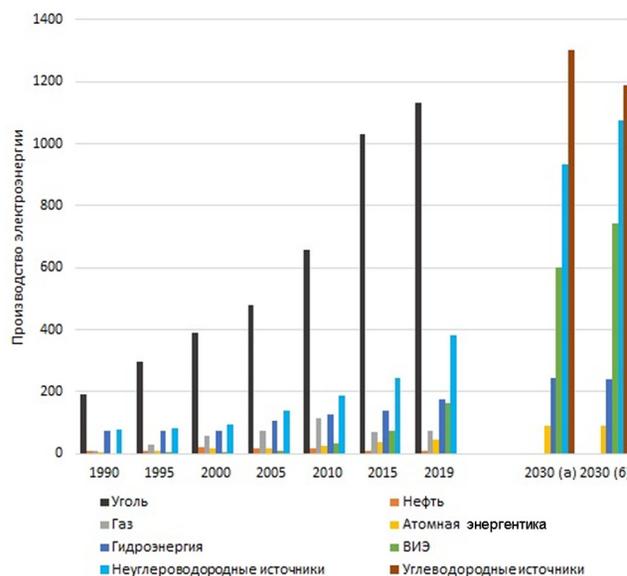


Рис. Производство электроэнергии (по источникам) в Индии в 1990–2019 г. и прогноз на 2030 г. (тыс. ГВт·ч): а – базовый сценарий; б – сценарий преимущественного развития ВИЭ.

Составлено по данным: [IEA Data and Statistics..., 2021; Renewable Power Pathways..., 2020]

Fig. Electricity production (by source) in India during 1990–2019 and forecast for 2030 (thousand GWh): a – baseline scenario; б – scenario of prior development of renewable energy sources.

Compiled from: [IEA Data and Statistics..., 2021; Renewable Power Pathways..., 2020]

сопутствующим выгодам. В течение последних лет инвестиции в ВИЭ превышали инвестиции в энергетику, связанную с ископаемым топливом. Так, в 2018 г. инвестиции Индии в солнечные фотоэлектрические системы превысили инвестиции во все источники ископаемого топлива вместе взятые [McKenna, 2019]. Крупномасштабные аукционы способствовали быстрому развитию возобновляемых источников энергии при быстро снижающихся ценах (например, стоимость мощностей солнечной энергии установлена в среднем 34 долл./МВт·ч, в то же время стоимость производства электроэнергии на угле составляет 45 долл./МВт·ч (2018–2019), что делает солнечную энергию дешевле, при том что разница в стоимости между падающими аукционными ценами на энергию Солнца и ветра и увеличением стоимости выработки электроэнергии на угле увеличивается).

Таким образом, проводимая Индией политика энергетического перехода способствует достижению целей Парижского соглашения на основе применяемых в настоящее время политических мер. По некоторым прогнозам, у Индии есть возможность обновить и принять более амбициозные цели, ускорив переход от угля к возобновляемым источникам энергии, в том числе для достижения целей, совместимых с удержанием средней глобальной температуры в 1,5 градуса.

ВЫВОДЫ

Эволюция переходной энергетики Индии связана с развитием новых технологических укладов, что требует интегрального изучения и учета при разработке перспективных программ ПЭ. Пока такие программы разрабатываются преимущественно по секторному принципу.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках темы Госзадания Института географии РАН № 0148-2019-0008 и Госзадания «Анализ региональных геоэкологических проблем в условиях глобальных изменений окружающей среды» кафедры физической географии мира и геоэкологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Маляров О.В. Независимая Индия: Эволюция социально-экономической модели и развитие экономики: в 2 кн. М.: Ин-т востоковедения РАН, 2010. 775 с.
- Оптимальная практика и принципы межсекторального взаимодействия в деле освоения ВИЭ: некусный подход к взаимосвязи «вода – энергия – продовольствие – экосистемы» в целях поддержки целей в области устойчивого развития. Записка секретариата Европейской экономической комиссии. Комитет по устойчивой энергетике. ECE/Energy/GE.7. 2016. № 6. 24 с.
- Сдасюк Г.В. Новая Индия. География развития: достижения, проблемы, перспективы. М.: Канон+ РООИ «Реабилитация», 2021. 520 с.
- Draft National Energy Policy*, NITI Aayog Government of India, Version 26.07.2017, New Delhi, 2017, 106 p.
- Energy Statistics, India 2021*, Ministry of Statistics and Programme Implementation, New Delhi, 2021, 112 p.
- India 2020. Energy Policy Review*, IEA, 2020, 305 p.
- Renewable Power Pathways: modelling the integration of wind and solar in India by 2030*, TERI, 2020, 66 p.

- Strategy for New India*, NITI Aayog Government of India, 2018, p. 61.
- Trends in global CO₂ and total greenhouse gases emissions*, 2017 Report, PB L Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, 2017, 69 p.
- Trends in global CO₂ and total greenhouse gases emissions*, 2020 Report, PB L Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, 2020, 85 p.
- Электронные ресурсы*
- Европейская климатическая программа Fit for 55. URL: <https://globalenergyprize.org/ru/2021/07/14/evropejskaya-klimaticheskaya-programma-fit-for-55/> (дата обращения 25.07.2021).
- Зайнуллин Е., Скорлыгина Н. Хинди-руси уголь-уголь // Коммерсантъ. 24.08.2020. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4465798> (дата обращения 15.06.2021).
- Три сценария перехода к декарбонизации энергетики. BloombergNEF. 27 июля 2021. URL: <https://ecosphere.press/2021/07/27/tri-sczenariya-perehoda-k-dekarbonizaczii-energetiki/> (дата обращения 04.08.2021).
- Armaan R.M., Karan R. India's solar future: Domestic first, international second, September 4, 2020, URL: <https://www.pv-magazine-india.com/indias-solar-future-domestic-first-international-second/> (дата обращения 08.08.2021).
- Climate Action Tracker, India, URL: <https://climateactiontracker.org/countries/india/> (дата обращения 03.09.2021).
- Electricity policy*, Dawn, Editorial, Published June 24, 2021, URL: <https://www.dawn.com/news/1631184> (дата обращения 25.07.2021).
- Gupta U. India may add 7 GW of PV in 2021, URL: <https://www.pv-magazine.com/2021/05/28/india-may-add-7-gw-of-pv-in-2021/> (дата обращения 25.07.2021).
- IEA World Energy Outlook 2020, URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020> (дата обращения 30.07.2021).
- IEA Data and Statistics. Electricity generation by source, India, 1990–2019, URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=INDIA&energy=Electricity&year=1990> (дата обращения 28.07.2021).
- Indian government proposes waiving carbon tax on coal, 02.01.2020, URL: <http://www.sxcoal.com/news/4604471/info/en> (дата обращения 08.07.2021).
- India's oil demand to climb to 500 mln tonnes per year by 2040: Indian Oil, September 25, 2018. URL: <https://www.reuters.com/article/us-asia-oil-apprec-india/india-oil-demand-to-climb-to-500-mln-tonnes-per-year-by-2040-indian-oil-idUSKCN1M50EG> (дата обращения 25.07.2021).
- Kumarankandath A. India to get 25 solar parks, Down to Earth, 01 December 2014, URL: <https://www.downtoearth.org.in/news/india-to-get-25-solar-parks-47662> (дата обращения 15.06.2021).
- Lahiry S. Paris Agreement and India's climate change challenges, Down to Earth, URL: <https://www.downtoearth.org.in/blog/climate-change/paris-agreement-and-india-s-climate-change-challenges-57000> (дата обращения 25.07.2021).
- McKenna P. India Is Now Investing More in Solar than Coal, but Will Its Energy Shift Continue? Inside Climate News, URL: <https://insideclimatenews.org/news/20052019/india-solar-investment-coal-modi-election-renewable-energy-future> (дата обращения 07.08.2021).
- Myllyvirta L. Analysis: India's CO₂ emissions growth poised to slow sharply in 2019, Carbon Brief, 24 October 2019, URL: <https://www.carbonbrief.org/analysis-indias-co2-emissions-growth-poised-to-slow-sharply-in-2019> (дата обращения 25.06.2021).
- New Energy Outlook, 2021, URL: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/> (дата обращения 28.07.2021).
- Patel M. Floating solar power plants: An idea whose time has come, May 22, 2019, URL: <https://energy.economictimes.indiatimes.com/energy-speak/floating-solar-power-plants-an-idea-whose-time-has-come/3582> (дата обращения 25.07.2021).
- Picazo M. Transitioning to 100% renewable energy by 2050 would pay for itself, URL: <https://www.theweathernetwork.com/ca/news/article/100-percent-renewable-energy-by-2050-would-pay-for-itself-in-7-years> (дата обращения 15.07.2021).
- PM Modi calls for self-reliant India, lays down 5 pillars Times of India.com, May 12, 2020, URL: <https://timesofindia.indiatimes.com/india/pm-modi-lists-5-pillars-of-self-reliant-india/articleshow/75700425.cms> (дата обращения 25.07.2021).
- Shearer C. Analysis: The global coal fleet shrank for first time on record in 2020, Carbon Brief, URL: <https://www.carbonbrief.org/analysis-the-global-coal-fleet-shrank-for-first-time-on-record-in-2020> (дата обращения 15.08.2021).
- The Production Gap: The discrepancy between countries planned fossil fuel production and global production levels consistent with limiting warming to 1,5°C or 2°C, UNEP/SEI, 2019, URL: <http://productiongap.org/> (дата обращения 25.07.2021).

Поступила в редакцию 14.09.2021

После доработки 15.02.2022

Принята к публикации 09.03.2022

DEVELOPMENT OF TRANSITIONAL ENERGY IN INDIA: ACHIEVEMENTS, CHALLENGES AND PROSPECTS

G.V. Sdasyuk¹, N.N. Alekseeva²

¹*Institute of Geography RAS, Laboratory of World Development Geography, Leading Scientific Researcher, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: galsdas@mail.ru*

²*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of World Physical Geography and Geoecology, Acting Head of the Department, Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: nalex01@mail.ru*

Changing functions of the main energy sectors in India as an important element of the global energy transition are considered. Based on the analysis of statistical data of international agencies and specialized Indian sources for 1990–2019, the article describes changing functions and ratio of India's energy sectors in relation to technological innovation, their participation in the ecological and economic development of "mix-energy", including the implementation of climate policy and national commitments under the Paris Climate Agreement. Comparison of the official goals of transitional energy in India with the real development of energy sectors made it possible to identify the present-day problems and contradictions, including those associated with economic constraints due to the COVID-19 pandemic. The current stage and forecasts of the coal industry development are discussed. It is the base of industrialization in India, still being the leading sector of its energy sector, which require innovation, diversification of processing, and increasing environmental and economic efficiency. The growing importance of India as a world's oil and gas importer and an oil refining hub is shown. The dominant task of accelerated gasification within the framework of transitional energy is emphasized. The article analyzes the advanced development of renewable energy sources (RES) with priority programs for the development of solar energy. Because of the limited areas for solar power plants, these are more often combined with water bodies and irrigation canals. The study discusses the expediency of a nexus approach to studying "water resources – energy – food – ecosystems" complex. The prospects for achieving India's national commitments under the Paris Agreement are assessed, taking into account the complexity of phasing out coal and the accelerated transition to renewable sources, which can help to solve lots of socio-economic problems and improve the state of the environment. The India's experience shows that the efficiency of transitional energy is closely related to the harmonization of the development of all "mix-energy" sectors.

Keywords: renewable energy sources, electricity consumption, greenhouse gas emissions

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the state-financed Theme 0148-2019-0008 (Institute of Geography RAS) and under the state assignment Analysis of regional geoecological problems under the global environmental change (Department of World Physical Geography and Geoecology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University).

REFERENCES

- Draft National Energy Policy*, NITI Aayog Government of India, Version 26.07.2017, New Delhi, 2017, 106 p.
- Energy Statistics, India 2021*, Ministry of Statistics and Programme Implementation, New Delhi, 2021, 112 p.
- India 2020, Energy Policy Review*, IEA, 2020, 305 p.
- Malyarov O.V. *Nezavisimaja Indija: evolucija social'no-ekonomicheskoj modeli i razvitie ekonomiki, v 2 kn.* [Independent India: Evolution of the Socio-Economic Model and Development of Economy, in 2 books], Moscow, In-t Vostokovedenija RAN, 2010, 775 p. (In Russian)
- Optimal'naja praktika i principy mezhsektoral'nogo vzaimodejstvija v dele osvoenija VIJe: neksusnyj podhod k vzaimosvjazi "voda – energija – prodovol'stvie – ekosistemy" v celjah podderzhki celej v oblasti ustojchivogo razvitija* [Best practices and principles of intersectoral interaction in the development of renewable energy sources: a nexus approach to "water – energy – food – ecosystems" interrelations for supporting the Sustainable Development Goals], Zapiska sekretariata Evropejskoj ekonomicheskoj komissii, Komitet po ustojchivoj energetike [Note of the Secretariat of the Economic Commission for Europe, Sustainable Energy Committee], ECE/Energy/GE.7/2016/6, 24 p. (In Russian)
- Renewable Power Pathways: modelling the integration of wind and solar in India by 2030*, TERI, 2020, 66 p.
- Sdasyuk G.V. *Novaja Indija. Geografija razvitija: dostizhenija, problemy, perspektivy* [New India. Geography of development: achievements, problems, prospects], Moscow, Kanon+ ROOI "Reabilitacija", 2021, 521 p. (In Russian)
- Strategy for New India*, NITI Aayog, New Delhi, 2018, 61 p.
- Trends in global CO₂ and total greenhouse gases emissions, 2017 Report*, PB L Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, 2017, 69 p.
- Trends in global CO₂ and total greenhouse gases emissions, 2020 Report*, PB L Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, 2020, 85 p.
- Web sources**
- Armaan R.M., Karan R. *India's solar future: Domestic first, international second*, URL: <https://www.pv-magazine-india.com/2020/09/04/indias-solar-future-domestic-first-international-second/> (access date 08.08.2021).
- Climate Action Tracker*, India, URL: <https://climateaction-tracker.org/countries/india/> (access date 03.09.2021).

- Electricity policy*, Dawn, Editorial, Published June 24, 2021, URL: <https://www.dawn.com/news/1631184> (access date 25.07.2021).
- Gupta U. *India may add 7 GW of PV in 2021*, URL: <https://www.pv-magazine.com/2021/05/28/india-may-add-7-gw-of-pv-in-2021/> (access date 25.07.2021).
- Indian government proposes waiving carbon tax on coal*, 02.01.2020, URL: <http://www.sxcoal.com/news/4604471/info/en> (access date 08.07.2021).
- Европейская климатическая программа Fit for 55* [European Climate Program Fit for 55], URL: <https://global-energyprize.org/ru/2021/07/14/evropejskaya-klimaticheskaya-programma-fit-for-55/> (access date 08.07.2021). (In Russian)
- IEA World Energy Outlook 2020*, URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020> (access date 30.07.2021).
- IEA Data and Statistics, Electricity generation by source, India, 1990–2019*, URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=INDIA&energy=Electricity&year=1990> (access date 28.07.2021).
- India's oil demand to climb to 500 mln tonnes per year by 2040, *Indian Oil*, September 25, 2018. URL: <https://www.reuters.com/article/us-asia-oil-appec-india/indias-oil-demand-to-climb-to-500-mln-tonnes-per-year-by-2040-indian-oil-idUSKCN1M50EG> (access date 25.07.2021).
- Kumarankandath A. *India to get 25 solar parks*, Down to Earth, 01 December 2014, URL: <https://www.downtoearth.org.in/news/india-to-get-25-solar-parks-47662> (access date 15.06.2021).
- Lahiry S. *Paris Agreement and India's climate change challenges*, Down to Earth, URL: <https://www.downtoearth.org.in/blog/climate-change/paris-agreement-and-india-s-climate-change-challenges-57000> (access date 25.07.2021).
- McKenna P. *India Is Now Investing More in Solar than Coal, but Will Its Energy Shift Continue?* Inside Climate News, URL: <https://insideclimatenews.org/news/20052019/india-solar-investment-coal-modi-election-renewable-energy-future> (access date 07.08.2021).
- Myllyvirta L. *Analysis: India's CO2 emissions growth poised to slow sharply in 2019*, Carbon Brief, 24 October 2019, URL: <https://www.carbonbrief.org/analysis-indias-co2-emissions-growth-poised-to-slow-sharply-in-2019> (access date 25.06.2021).
- New Energy Outlook, 2021*, URL: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/> (access date 28.07.2021).
- Patel M. *Floating solar power plants: An idea whose time has come*, URL: <https://energy.economictimes.indiatimes.com/energy-speak/floating-solar-power-plants-an-idea-whose-time-has-come/3582> (access date 25.07.2021).
- Picazo M. *Transitioning to 100% renewable energy by 2050 would pay for itself*, URL: <https://www.theweathernetwork.com/ca/news/article/100-percent-renewable-energy-by-2050-would-pay-for-itself-in-7-years> (access date 15.07.2021).
- PM Modi calls for self-reliant India, lays down 5 pillars* Times of India.com, May 12, 2020, URL: <https://timesofindia.indiatimes.com/india/pm-modi-lists-5-pillars-of-self-reliant-india/articleshow/75700425.cms> (access date 25.07.2021).
- Shearer C. *Analysis: The global coal fleet shrank for first time on record in 2020*, Carbon Brief, <https://www.carbonbrief.org/analysis-the-global-coal-fleet-shrank-for-first-time-on-record-in-2020> (access date 15.08.2021).
- The Production Gap: The discrepancy between countries planned fossil fuel production and global production levels consistent with limiting warming to 1.5°C or 2°C*, UNEP/SEI, 2019, URL: <http://productiongap.org/> (access date 25.07.2021).
- Tri scenarija prehoda k dekarbonizaciji energetiki*, BloombergNEF, 27 Iyulya, 2021 [Three scenarios for the transition to decarbonization of energy, BloombergNEF, 27 July, 2021], URL: <https://ecosphere.press/2021/07/27/tri-sczenariya-prehoda-k-dekarbonizaczii-energetiki/> (access date 04.08.2021). (In Russian)
- Zajnullin E., Skorlygina N. *Hindi-rusi ugol' - ugl'* [Hindi-rusi coal-coal], Kommersant, 24.08.2020, URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4465798> (access date 15.06.2021). (In Russian)

Received 14.09.2021

Revised 15.02.2022

Accepted 09.03.2022