

НАПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ОТ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА¹

М. П. Куликова, Л. Х. Тас-оол, Г. Ф. Балакина

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)

В статье рассматриваются особенности экологической ситуации под влиянием развития топливно-энергетического комплекса для решения энергетических проблем в контексте устойчивого развития. На базе применения методов экспертных оценок, расчетных методик по определению объема выбросов парниковых газов и загрязнений от автотранспортных средств осуществлены оценка эмиссии выбросов CO₂ от антропогенных источников и определение путей снижения нагрузки на окружающую среду. Излагаются направления снижения выбросов парниковых газов на основе реализации целевой программы, состоящей из ряда проектов: по увеличению площади лесных массивов; снижению выбросов от угольной генерации; очистки воздушного бассейна городов от автомобильных выхлопов путем роста доли экологически чистого транспорта; повышения использования возобновляемых источников. Выявлено, что производство тепла в Тыве является «углеродоемким», экологически чистые источники энергии применяются недостаточно при значительном потенциале их использования. Уровень антропогенной нагрузки представляет риск для устойчивого развития республики, негативно сказывается на состоянии здоровья населения, заболеваемости и продолжительности жизни населения. В регионе целесообразно внедрять инновационные энергосберегающие технологические решения, реализовать комплекс мер по снижению антропогенных выбросов путем конструирования новых инновационных инструментов регулирования экологической ситуации на региональном и федеральном уровнях.

Ключевые слова: парниковые газы, регион, Республика Тыва, устойчивое развитие, объем эмиссии антропогенных выбросов CO₂.

DIRECTIONS FOR REDUCING THE ANTHROPOGENIC LOAD FROM GREENHOUSE GAS EMISSIONS ON THE ENVIRONMENT IN THE CONTEXT OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF TYVA

M. P. Kulikova, L. H. Tas-ool, G. F. Balakina

Tuvinian Institute for Exploration of the Natural Resources SB RAS (Kyzyl, Russia)

The article discusses the features of the environmental situation under the influence of the development of the fuel and energy complex to solve energy problems in the context of sustainable development. Based on the application of expert assessment methods, calculation methods for determining the volume of greenhouse gas emissions and pollution from motor vehicles, an assessment of CO₂ emissions from anthropogenic sources was carried out and ways to reduce the burden on the environment were determined. Directions for reducing greenhouse gas emissions based on the implementation of a target program consisting of a number of projects are outlined: to increase the area of forests; reduction of emissions from coal generation; cleaning the air basin of cities from automobile emissions by increasing the share of environmentally friendly transport; increasing the use

¹ Статья подготовлена в рамках исследования по государственному заданию ТувИКОПР СО РАН проект № 0307–2021–0008 «Исследование ресурсосберегающих процессов углубленной переработки угленосных формаций и техногенных отходов».

of renewable sources. It was revealed that heat production in Tyva is «carbon-intensive», environmentally friendly energy sources are not used enough with a significant potential for their use. The level of anthropogenic load poses a risk for the sustainable development of the republic, negatively affects the state of health of the population, morbidity and life expectancy of the population. It is advisable to introduce innovative energy-saving technological solutions in the region, to implement a set of measures to reduce anthropogenic emissions by designing new innovative tools for regulating the environmental situation at the regional and federal levels.

Keywords: greenhouse gases, region, Republic of Tyva, sustainable development, volume of anthropogenic CO₂ emissions.

Введение. В настоящее время проблема климатического регулирования и предотвращения разрушительных последствий от выбросов парниковых газов в контексте устойчивого развития является актуальной для всего человечества. Под устойчивым развитием региона нами понимается такая модель развития территории, при которой основными целями и направлениями развития являются следующие: достижение стабильного экономического роста для динамичного роста доходов населения, развитие культуры живущих здесь этносов, эффективные меры общественной безопасности, защиты населения от нищеты, голода и эпидемий; предотвращение загрязнения и деградации окружающей среды в интересах нынешнего и будущих поколений [1, с. 99–100].

Одним из направлений перехода к устойчивому развитию следует признать снижение нагрузки на природную среду, обусловленной деятельностью человека. Антропогенные парниковые газы поступают в атмосферу в результате сжигания топлива (наибольшие выбросы CO₂ при угольной генерации), пожаров и изменения землепользования в результате вырубке лесов и развития сельского хозяйства. Большая часть парникового эффекта обусловлена выбросами газов от сжигания топлива, состоящих на 80% из диоксида углерода, на 19% из метана и ~ 1% других газов (закись азота, водяной пар и другие антропогенные примеси). Парниковые газы различаются силой воздействия на парниковый эффект, основным загрязнителем атмосферы является диоксид углерода, метан сильнее влияет на парниковый эффект, но в атмосфере он окисляется в результате фотохимических реакций, изменения концентраций водяного пара в атмосфере не отмечалось, поэтому в расчете антропогенных эмиссий их вклад выражается в CO₂-эквиваленте [2, с. 57].

Антропогенные выбросы CO₂ составляют менее 10% от величины природных потоков, но природные потоки уравниваются поглощением CO₂ в процессе фотосинтеза, выбросы же от сжигания топлива влияют на запас углерода в атмосфере, который продолжает расти, превышая темпы его

поглощения природными экосистемами примерно в 1,6 раза [3, с. 16; 4, с. 1326].

Леса играют важную роль в эмиссии, поглощении и депонировании диоксида углерода, по данным [5, с. 234], эмиссия выбросов CO₂ полностью поглощается лесными массивами только на территории шести стран (Бразилия, Канада, Китай, Демократическая Республика Конго, Россия и США), причем леса умеренного пояса связывают 47% выбросов CO₂, тропические и субтропические леса — 30%, тайга — 21%. Лесные экосистемы в России компенсируют более четверти антропогенной эмиссии парниковых газов, при учете поглощения выбросов CO₂ **управляемыми лесами** (территории с учетом рубок, без пожаров, где проводятся мониторинговые исследования) [6, с. 1102]. Большая часть российских территорий (покрытых лесом, с мягким климатом и увлажненной почвой) больше поглощает CO₂, чем выбрасывает их в атмосферу, но некоторые регионы с аридным климатом генерируют диоксид углерода. На Урале годовое депонирование CO₂ лесами на 1 га составляет 2 т, в Восточной Сибири — 0,7 т, на Дальнем Востоке — 0,45 т; интенсивнее поглощают CO₂ деревья возрастом 40–60 лет, из них лиственные леса связывают 62,8 т CO₂/га, хвойные леса — 44,2 т CO₂/га [7, с. 92–93]. Из-за неэффективного лесопользования (наращивание рубок, вредители и др.), воздействия лесных пожаров снижается потенциал поглощения диоксида углерода и увеличиваются объемы выбросов парниковых газов лесами.

Предметом исследования, результаты которого излагаются в статье, являются особенности экологического развития под влиянием развития топливно-энергетического комплекса и решения энергетических проблем. Цель данной статьи — оценка эмиссии выбросов CO₂ от антропогенных источников в г. Кызыле. В исследовании применены методические указания по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в РФ, метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств, в качестве

базы исследования использованы данные официальной статистики по России в целом и г. Кызылу.

Направлениями решения данной проблемы можно назвать экономию энергии, снижение угольной генерации и переход на низкоуглеродное развитие возобновляемых источников энергии. Полностью отказаться от потребления ископаемого топлива в РФ сложно, стратегия страны заключается в сокращении эмиссии парниковых газов за счет модернизации производств топливно-энергетического комплекса, внедрения энергоэффективных и энергосберегающих технологий сжигания угля, поглощения диоксида углерода экосистемами и постепенном энергетическом переходе на другие энергетические ресурсы.

Углеродное регулирование в РФ. Большинство стран снижают потребление угля, отказываются от угольной генерации, так страны ЕС планируют достичь углеродной нейтральности путем перехода на газ, возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и альтернативные источники энергии к 2050 г., Китай, Индия, Южная Корея и Япония постепенно переходят на низкоуглеродное развитие, продолжая развивать угольную генерацию. Мировые инвестиционные потоки, направленные на разработку угольных месторождений, указывают на то, что в кратко- и среднесрочной перспективе не все страны готовы к переходу к углеродной нейтральности (рис. 1) [8, с. 6].



Рис. 1. Инвестиционные проекты в сфере разработки угольных месторождений в мире в 2020–2030 гг.

Россия подписала Парижское соглашение по климату и принимает активное участие в программах по борьбе с выбросами парниковых газов. Пока наша страна остается одним из партнеров ЕС по торговле энергоресурсами, но экспортный рынок сокращается, введение углеродного сбора в дальнейшем на импорт товаров обойдется угольному сектору в 0,6–0,8 млрд долл. США. Стратегия низкоуглеродного развития РФ заключается в постепенном энергетическом переходе на другие ресурсы до 2050 г. за счет внедрения энергоэффективных и энергосберегающих технологий сжигания угля, снижающих эмиссию парниковых газов. Полностью отказаться от ископаемого топлива сложно (РФ — северная страна), по базовому сценарию к 2030 г. ее ВВП снизит углеродоемкость на 9%, к 2050 г. — на 48% относительно 2020 г.¹ По интенсивному сценарию к 2030 г. объемы выбросов парниковых газов планируется сократить до 2212 млн т CO₂-экв за счет постепенного внедрения технологий повышения энергоэффективности и снижения выбросов, к 2050 г — 1830 млн

т CO₂-экв (масштабирование технологий повышения энергоэффективности и снижения выбросов). Выбросы парниковых газов в 2020 г. составили 2051,4 млн т CO₂-экв, в 2019–2119 млн т CO₂-экв. [9]. Страна сократит внутреннее потребление угля из-за ужесточения экологических требований, так как это создаст риски для устойчивого развития национальной экономики после 2040 г., но продолжит экспортировать его в страны АТР. К основным драйверам сокращения выбросов парниковых газов относятся:

- повышение энергетической эффективности во всех отраслях топливно-энергетического комплекса;
- развитие атомной энергетики и крупной гидроэнергетики;
- развитие комбинированной выработки тепловой и электрической энергии генерации;
- ускорение развития и использования возобновляемых источников энергии и дальнейшее увеличение их доли в генерации электрической энергии;

¹ Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.: Распоряжение Правительства Российской Федерации № 3052-р. от 29 октября 2021 г. М., 2021. 37 с.

- дальнейшее развитие газификации российских регионов;
- увеличение утилизации попутного нефтяного газа;
- увеличение утилизации шахтного метана;
- внедрение наилучших доступных технологий в отраслях топливно-энергетического комплекса.

Экономия энергии за счет повышения энергоэффективности жилых, общественных и производственных зданий позволит сократить потребление энергии и снизит выбросы парниковых газов в атмосферу. У страны большой потенциал для получения энергии за счет ВИЭ (ГеоТЭС, малые ГЭС, БиоТЭС и т.д.), часть энергии (25%) может быть получена с использованием таких технологий. Опыт зарубежных стран показывает, что развитие ВИЭ требует инвестиций для строительства соответствующих модулей, предоставления льгот за счет субсидирования повышенной стоимости электроэнергии.

Эмиссия антропогенных выбросов парниковых газов. К основным антропогенным источникам загрязнения атмосферы парниковыми газами в г. Кызыле относят предприятия топливно-энергетического комплекса, промышленность, транспорт и печное отопление индивидуальных домов. Острой остается проблема загрязнения воздушного бассейна столицы Республики Тыва — г. Кызыла, особенно в зимний период, недостаточная проветриваемость воздушного бассейна города зимой весьма затрудняет снос и рассеивание выбросов. В регионе формируется углепромышленная территория, объемы добычи угля в последние шесть лет возрастают со среднегодовым темпом прироста 6,1% [10, с. 16]. Уголь используется для выработки производства тепла и электроэнергии внутри региона, часть его поступает на металлургические предприятия России и экспортируется (табл. 1) [11, с. 72].

Таблица 1

Добыча угля, тыс. т

Месторождение	2017	2018	2019	2020	2021
Каа-Хемское	429	505	422	413	658
Чаданское	239	151	147	123	—
Межегейское	881	1063	1110	51	—
Элегестское	74	24	—	—	—
Итого	1621	1743		587	658
Потребление внутри региона	462,4	520	500	520	520

Основными источниками эмиссии загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу города являются: предприятия ОАО «Кызылская ТЭЦ», котельные малой мощности, жилой сектор с печным отоплением, составляющий больше половины жилого

фонда города. Общий объем выбросов ЗВ в атмосферный воздух от стационарных источников в 2020 г. на территории Республики Тыва составляет 5,3 тыс. т [11, с. 9–10], данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Структура выбросов ЗВ от стационарных источников, тыс. т

Загрязняющие вещества	тыс. т
Твердые	1,7
СО	1,6
SO ₂	0,6
NO _x	0,7
Летучие органические соединения (ЛОС)	0,09
Итого	5,3

Совокупный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в 2020 г. в Кызыле составил 1,928 тыс. т (табл. 3).

Для определения количества выбросов CO₂ в атмосферу от сжигания топлива, транспорта

использованы расчетные методики, основанные на применении удельных коэффициентов эмиссии газов. Выбросы CO₂ при стационарном сжигании топлива являются результатом высвобождения из него углерода и зависят от содержания углеро-

да в топливе, объем выбросов рассчитывали по методике¹:

$$E_{\text{CO}_2, y} = \sum_{j=1}^n (FC_{j, y} \cdot EF_{\text{CO}_2, j, y} \cdot OF_{j, y})$$

где $FC_{j, y}$ — расход топлива j за период y , тыс. м³, т, т.у.т. или ТДж;

$EF_{\text{CO}_2, j, y}$ — коэффициент выбросов CO_2 от сжигания топлива j за период y , т CO_2 /ед.;

$OF_{j, y}$ — коэффициент окисления топлива j , доля.

Неокислившийся углерод, остающийся в виде твердых частиц, сажи или золы, исключается из общих показателей выбросов парниковых газов путем умножения на коэффициент окисления углерода в топливе. Значения коэффициентов перевода расхода топлива в энергетические единицы (т. у. т.) приведены в таблице 4.

Таблица 3

Количество выбросов ЗВ от разных источников в атмосферу г. Кызыла, т

Твердые вещества	SO ₂	CO	Оксиды азота, в пересчете на NO ₂	Углеводороды с учетом ЛОС (исключение, метан)	Итого
от сжигания топлива					
697,650	299,049	452,328	431,190	9,653	1889,87
от технологических процессов и др.					
17,308	2,457	7,614	3,224	1,965	32,568
от транспорта					
	0,067	3,299	1,646	0,416	5,559
					1927,997

Таблица 4

Коэффициенты перевода расхода топлива в энергетические единицы, коэффициенты выбросов CO₂ и содержание С

Уголь	Коэффициент перевода в т. у. т. ($NCV_{j, y}$)		Коэффициенты выбросов ($EF_{\text{CO}_2, j, y}$)	Содержание С ($WC_{j, y}$)
	ед.	т. у. т./т (тыс. м ³)		
?	ед.	т. у. т./т (тыс. м ³)	т CO_2 /т. у. т	тС/т. у. т
Тувинский	т	0,906	2,76	0,75

Объем выбросов CO_2 от стационарного сжигания угля за 2021 составил 1,300 млн т ($E_{\text{CO}_2} = 520$ тыс. т $\cdot 0,906 \cdot 2,76 \cdot 1 = 1300$, 291 тыс. т = 1,300 млн т).

Парниковые газы образуются при дегазации сопутствующих газов из угольных пластов и вентиляции воздуха угольных шахт, количество фугитивных выбросов при добыче угля подземным способом рассчитывали, исходя из расхода углеводородной смеси для осуществления технологических операций без сжигания или каталитического окисления. По методике в газе дегазации угольных пластов концентрация CH_4 , $W_{\text{CH}_4} = 76,0\%$ об., концентрация CO_2 , $W_{\text{CO}_2} = 10,6\%$ об., $\rho_{\text{CH}_4} = 0,7170$ кг/м³, $\rho_{\text{CO}_2} = 1,9768$ кг/м³. Фугитивные выбросы CO_2 при добыче угля составляют: 10,23 т

(2020 г.), 210,73 т (2019 г.), 201,80 т (2018 г.), 167,25 т (2017 г.) (добыча угля на месторождении «Межегейское» в период 2020–2021 гг. была приостановлена).

Снижение выбросов от использования автотранспорта. Автомобильный транспорт производит значительное количество выбросов диоксида углерода, метана и закись азота. Оценку выбросов CO_2 от автотранспортных средств проводили согласно [12], расчетные данные приведены в таблице 4.

Доля автомобильного транспорта в общем пассажирообороте региона составляет 100%: легковых автомобилей в собственности граждан (2020 г.) — 21032, автобусов — 228, грузового автотранспорта — 7300 [13, с. 258–260].

¹ Методические указания и руководство по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации № 300 от 30 июня 2015 г. М., 2015. 41 с.

Таблица 4

Выбросы CO₂ от автотранспортных средств в 2020 г.

Транспорт	Пробеговый выброс ЗВ, г/км	Коэффициент, учитывающий изменение выбросов ЗВ	Тип двигателя	Выбросы CO ₂ , т
Легковые автомобили (21032)	13	0,87	Б	9514,87
Грузовой транспорт до 5 т (3000 шт)	2,8	0,95	Д	189,92
Грузовой транспорт до 16 т (4300 шт)	3,9	0,95	Д	379,16
Автобусы 163 — малые; 65 — большие			Б Д	402,12 158,57
				Итого: 10644,64 т

Выбросы CO₂ от автотранспортных средств (легковой, пассажирский и грузовой, транзитный грузовой транспорт для перевозки угля) в г. Кызыле составляют 10644,64 т.

Суммарная нагрузка антропогенного воздействия CO₂ (от сжигания угля с учетом фугитивных выбросов и выбросов от транспорта) на атмосферу в г. Кызыле на данный момент невысокая и составляет 10,655 тыс. т, к примеру, в атмосферу Челябинской области ежегодно поступает 77,35 млн т CO₂-экв., в Москве выброс парниковых газов составляет 79,85 млн т CO₂-экв./год (основная часть — 73,6% приходится на генерацию тепловой и электрической энергии) и сопоставим с выбросами парниковых газов мегаполисов мира [7 с. 60; 14]. Регионы участвуют в программе¹, предусматривающей низкоуглеродную трансформацию секторов экономики к концу 2025 г., проводят инвентаризационные оценки, так антропогенные выбросы на территории Сахалинской области составили в 2019 г. 12,3 млн т CO₂-экв, поглощение диоксида углерода управляемыми лесами — 11,1 млн т.

Предварительные расчеты объема эмиссии антропогенных выбросов CO₂ в атмосферу в г. Кызыла позволят принять обоснованное решение по адаптации экономики региона к энергетическому переходу и достижению углеродной нейтральности к 2050 г. Для объективной оценки источников эмиссии парниковых газов вместе с расчетными методами инвентаризации антропогенных выбросов необходимо развивать методы наземного мониторинга. Сократить антропогенные выбросы газов от угольной генерации можно за счет развития в регионе газификации, использования комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, утечку газов при технологических процессах и транспортировке угля — внедрениями технологий улавливания, захоронения и использования парниковых газов; в транспортной сфере для со-

кращения выбросов CO₂ следует изменить структуру грузо- и пассажирооборота в пользу менее углеродоемких видов транспорта, например, переходить на газомоторное топливо, электротурбины, развивать зарядную инфраструктуру.

Лесные ресурсы региона и их использование для снижения антропогенной нагрузки. Общая площадь земель лесного фонда в Республике Тыва на 1 января 2020 г. составляет 10882,9 тыс. га. Леса покрывают 49,7% территории республики и по своему целевому назначению подразделяются на защитные, эксплуатационные и резервные. К основным факторам, определяющим проблемы снижения сохранности лесов в Туве, следует отнести лесные пожары, неблагоприятные погодные условия и поражения грибковыми заболеваниями. Лесные пожары, ежегодно возникающие на территории республики, наносят существенный урон непосредственно лесному хозяйству, а также экономике и экологии республики. Наиболее опасные в пожарном отношении лесные участки (I–II классы) занимают 15,2% общей площади земель лесного фонда в Республике Тыва. Пожароопасный сезон наступает по мере таяния снега и просыхания почвенного покрова. Среднегодовая фактическая горимость лесов составляет 150–180 дней и длится с начала апреля до первой декады ноября.

Земли лесного фонда в республике представлены горными труднодоступными лесами и лесами, примыкающими к степным территориям. Анализ структуры земель лесного фонда Тувы показывает труднодоступность значительной части лесов для обнаружения и тушения лесных пожаров: только 13,3% относится к зоне авиационного обнаружения и наземного тушения, а также и к территории наземного обнаружения и тушения, 56,5%, или 6152,5 тыс. га относится к зоне авиационного обнаружения и тушения и 30,2% — к категории исключительного обнаружения с помощью косми-

¹ Федеральный закон № 34 «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации» от 06.03.2021 г. М., 2021. 24 с.

ческих средств и преимущественно авиационного тушения².

Другим направлением защиты лесов республики является профилактика и борьба со вспышками массового размножения и распространения вредных организмов, способных вызвать гибель насаждений или резкое падение прироста древесины и снижение ее деловых качеств. Наиболее значимым для защиты лесов Тувы является борьба с сибирским шелкопрядом и заражением почвы лесных питомников. Лесовосстановление может снизить ущерб экологии региона от лесных пожаров. По данным государственного лесного реестра Республики Тыва, непокрытые лесом земли, нуждающиеся в лесовосстановлении, составляют 275,2 тыс. га, из них доступные земли, пригодные для лесовосстановления, — 63,5 тыс. га, в том числе для посадки лесных культур — 7,7 тыс. га.

Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения отдаленных районов. В мировой энергетике потребление электроэнергии, полученной от использования ВИЭ, составляет 26,8% [15], при этом за счет энергии, вырабатываемой на ГЭС — 16%. В Туве развивается энергетика с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ): солнца, воды, ветра, биотоплива. По прогнозу Института энергетических исследований РАН и Центра энергетики Московской школы управления «Сколково», к 2040 г. ВИЭ обеспечат 35–40% мирового производства электроэнергии и 19–25% всего энергопотребления [15].

Децентрализованное энергоснабжение в труднодоступных районах Республики Тыва осуществляется 13 дизельными электростанциями (ДЭС), которые находятся в с. Тоора-Хем, с. Ырбан, с. Хамсара, с. Сыстыг-Хем Тоджинского кожууна, с. Мугур-Аксы, с. Кызыл-Хая Монгун-Тайгинского кожууна, с. Кунгуртут, с. Балыктыг Тере-Хольского кожууна, с. Хут, с. Севи Пий-Хемского кожууна, с. Усть-Ужеп, с. Катазы Каа-Хемского кожууна, с. Качык Эрзинского кожууна. Суммарная установленная мощность дизельных электростанций составляет около 7 МВт, на их эксплуатации занято 116 работников. Ученые республики создали инновационные наработки по использованию солнечной энергии, в частности, предлагается в отдаленных районах, куда достаточно сложно доставлять топливо для дизельных генераторов, использовать солнечные батареи в сочетании с энергией ДЭС [16, с. 270], что позволит повысить стабильность электроснабжения данных территорий.

Анализ комплексных предложений по развитию ВИЭ показал перспективность развития

солнечной энергетики для электроснабжения чабанских стоянок и туристических баз, и изолированных населенных пунктов, эксплуатирующих дизельные электростанции. Опробованы фотовольтовая установка (ООО «Энергокомплект», мощностью 4 кВт) для освещения памятника «Кадарчы», фотоэлектрическая станция (ООО «Инновационные технологии», мощностью 1,8 кВт) для электроснабжения чабанской стоянки, солнечная электростанция (2,4 кВт) в Чинге-Даг (Кызылский кожуун). Для бесперебойной работы и снижения нагрузки на дизельно-генераторные установки было предусмотрено строительство солнечно-дизельных энергоустановок суммарной мощностью 1600 кВт, автономных гибридных электростанций на основе ветряных установок и солнечных батарей [17, с. 82].

Гидроэнергетика в республике представлена малыми ГЭС. Из малых гидроэлектростанций в Туве работает только одна на реке Барлык в с. Толоайлыг Монгун-Тайгинского кожууна с проектной мощностью 15 кВт. Функционирование существующей локальной малой ГЭС на реке Чаваш для обеспечения электроэнергией курорта Уш-Белдирс проектной мощностью 165 кВт приостановлено. Тогда как в 1930–1960-х гг. в регионе была создана сеть малых ГЭС для электрообеспечения отдаленных районов, в частности, работали малые ГЭС в Тоджинском и Каа-Хемском кожуунах. Увлечение строительством крупных гидроэлектростанций в стране, свертывание производства на предприятиях по изготовлению турбин небольшой мощности привело к вынужденному закрытию малых ГЭС, что отрицательно сказалось на стабильности энергоснабжения труднодоступных сел в регионе. До сих пор в республике есть населенные пункты со снабжением электроэнергией по графику, не круглосуточно, часть населенных пунктов расположена в труднодоступных местах вне сетей централизованного энергоснабжения, в регионе высокие тарифы на электроэнергию (более 25 руб./кВтч), в городах и поселках нет централизованного газоснабжения.

Заключение. Для снижения антропогенной нагрузки на природную среду в республике при решении проблем устойчивого развития реализуются государственные программы Республики Тыва «Воспроизводство и использование природных ресурсов на 2021–2025 годы» (утверждена постановлением правительства Тувы от 24 ноября 2020 г. № 573) и «Энергоэффективность и развитие энергетики на 2014–2027 годы» (постановление от 20 декабря 2013 г. № 750). В них предусматривается про-

² Государственная программа Республики Тыва «Воспроизводство и использование природных ресурсов на 2021–2025 годы» (утверждена Постановлением правительства Республики Тыва от 24 ноября 2020 г. № 573).

ведение ряда мероприятий по предотвращению и борьбе с лесными пожарами, болезнями лесных насаждений, обеспечению эффективного управления лесами и устойчивого развития лесного сектора экономики; улучшению состояния окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Республики Тыва, созданию условий для перевода сектора экономики, бюджетной сферы и населения на энергосберегающий путь развития, определены объемы финансирования из бюджета республики.

Итак, к решению проблемы снижения нагрузки на окружающую среду в рамках концепции устойчивого развития региона целесообразно подходить системно, на основе реализации целевой программы, состоящей из ряда проектов: по увеличению площади лесных массивов; снижению выбросов от угольной генерации; очистки воздушного бассейна городов от автомобильных выхлопов путем роста доли экологически чистого транспорта (электромобилей и на газовом топливе); повышения использования ВИЭ и др.

Оценка антропогенных эмиссий CO_2 в атмосферу позволяет сделать следующие выводы:

1. В настоящее время в г. Кызыле производство тепла является «углеродоемким», ВИЭ для получения энергии используется недостаточно. Суммарная нагрузка антропогенного воздействия CO_2

(от сжигания угля, с учетом фугитивных выбросов и выбросов от транспорта) на атмосферу в г. Кызыле на данный момент составляет 10,655 тыс. т. Лесные экосистемы ежегодно депонируют $\sim 0,7$ т CO_2 на 1 га (лесистость территории составляет 49,4%). Уровень указанной нагрузки представляет риск для устойчивого развития республики, негативно сказывается на состоянии здоровья населения, уровне его заболеваемости и продолжительности жизни.

2. Для снижения углеродного следа и сокращения эмиссии антропогенных парниковых газов в регионе следует внедрять инновационные энергосберегающие технологические решения в ТЭК, развивать газификацию, комбинированную выработку тепловой и электрической энергии, широко использовать ВИЭ, а также увеличивать площади управляемых лесов и создавать эффективные технологии, направленные на увеличение поглощения диоксида углерода лесами.

3. В целях реализации концепции устойчивого развития для решения проблемы снижения загрязнений в городах необходимо реализовать комплекс мер по снижению антропогенных выбросов путем конструирования новых инновационных инструментов регулирования экологической ситуации на региональном и федеральном уровнях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балакина Г. Ф., Куликова М. П. Экологические проблемы формирования углепромышленной территории в Республике Тыва // Уголь. 2018. № 11. С. 96–101.
2. Антонов К. Л., Поддубный В. А., Маркелов Ю. И. и др. Некоторые итоги мониторинга парниковых газов в арктическом регионе России // Арктика: экология и экономика. 2018. № 1 (29). С. 56–67.
3. Заварзин Г. А., Кудеяров В. Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник Рос. акад. наук. 2006. Т. 76. № 1. С. 14–24.
4. Смагин А. В., Садовникова Н. Б., Мазанова В. С., Должич А. Р. Поглощение монооксида углерода образцами почв и торфо-песчаных смесей // Почвоведение. 2009. № 11. С. 1325–1332.
5. Harris N. L. et al. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes // Nature Climate Change. 2021. Vol. 11 (3). Pp. 234–240.
6. Ваганов Е. А., Порфирьев Б. Н., Широков А. А., Колпаков А. Ю., Пыжев А. И. Оценка вклада российских лесов в снижении рисков климатических изменений // Экономика региона. 2021. Т. 17. Вып. 4. С. 1097–1107.
7. Красуцкий Б. В. Поглощение углекислого газа лесами челябинской области: современные эколого-экономические аспекты // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2018. Т. 4. № 3. С. 57–68.
8. Перспективы мирового угольного рынка // Энергетический бюллетень. 2021. Вып. 96. № 5. 22 с.
9. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 г.: Гос. доклад. М., 2021. 864 с.
10. Куликова М. П., Балакина Г. Ф. Перспективы развития углеперерабатывающих производств в Республике Тыва // Уголь. 2019. № 11. С. 15–18.
11. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Тыва в 2020 г. Кызыл, 2021. 163 с.
12. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории: ГОСТ Р 56162–2019. М., 2019. 11 с.

13. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: P32. Стат. сб. / Росстат. М., 2021. 112 с.
14. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды в г. Москве в 2020 г. / под ред. А. О. Кульбачевского. М., 2021. 330 с.
15. Прогноз развития энергетики мира и России 2019. URL: <http://ecoline.ru/wp-content/uploads/world-and-russian-energy-development-forecast-2019.pdf>
16. Монгуш Г. Р., Котельников В. И. Внедрение альтернативной энергетики в Туве (на примере установки автономной дизель-солнечной электростанции) // Материалы Международной научно-практической конференции «Региональная экономика: технологии, экономика, экология, инфраструктура». Кызыл, 2015. С. 269–271.
17. Монгуш Г. Р. Перспективы солнечных электростанций различной мощности для электрификации децентрализованных объектов Республики Тыва // Материалы 2-й Международной научно-практической конференции «Региональная экономика: технологии, экономика, экология, инфраструктура». Кызыл, 2017. С. 81–85.

REFERENCES

1. Balakina G. F., Kulikova M. P. Ecological problems of formation of the coal-mining territory in the republic of Tyva // *Coal*. 2018. No. 11. Pp. 96–101.
2. Antonov K. L., Poddubny V. A., Markelov Yu. I. et al. Some results of monitoring greenhouse gases in the Arctic region of Russia // *Arctic: ecology and economics*. 2018. No. 1 (29). Pp. 56–67.
3. Zavarzin G. A., Kudeyarov V. N. The soil as the main source of carbon dioxide and a reservoir of organic carbon in Russia // *Vestnik Rus. Acad. of Sciences*. 2006. Vol. 76. No. 1. Pp. 14–24.
4. Smagin A. V., Sadovnikova N. B., Mazanova V. S., Dolzhich A. R. Absorption of carbon monoxide by samples of soil and peat-sand mixtures // *Eurasian Soil Science*. 2009. No. 11. Pp. 1325–1332.
5. Harris N. L. et al. Global maps of twenty-first century forest carbon fluxes // *Nature Climate Change*. 2021. Vol. 11 (3). Pp. 234–240.
6. Vaganov E. A., Porfiriev B. N., Shirov A. A., Kolpakov A. Yu., Pyzhev A. I. The assessing the contribution of Russian forests to reducing the risks of climate change // *Economy of region*. 2021. T. 17. Vol. 4. Pp. 1097–1107.
7. Krasutsky B. V. Absorption of carbon dioxide by the forests of the Chelyabinsk region: modern environmental and economic aspects // *Bulletin of the Tyumen State University. Ecology and nature management*. 2018. Vol. 4. No. 3. Pp. 57–68.
8. The prospects for the global coal market // *Energy Bulletin*. 2021. Vol. 96. No. 5. 22 p.
9. On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2020: State report. Moscow, 2021. 864 p.
10. Kulikova M. P., Balakina G. F. The prospects for the development of coal processing industries in the Republic of Tyva / *Coal*. 2019. No. 11. Pp. 15–18.
11. State report on the state and environmental protection of the Republic of Tyva in 2020. Kyzyl, 2021. 163 p.
12. The emissions of pollutants into the atmosphere. Method for calculating the amount of emissions of pollutants into the atmosphere by vehicle flows on roads of different categories: GOST R 56162–2019. М., 2019. 11 p.
13. The regions of Russia. Socio-economic indicators. 2021: P32. Stat. collection / Rosstat. М., 2021. 112 p.
14. The report on the state and environmental protection in Moscow in 2020 / edited A. O. Kulbachevsky. М., 2021. 330 p.
15. Energy development forecast for the world and Russia 2019. URL: <http://ecoline.ru/wp-content/uploads/world-and-russian-energy-development-forecast-2019.pdf>.
16. Mongush G. R., Kotelnikov V. I. The implementation of alternative energy in Tyva (on the example of installing an autonomous diesel-solar power plant) // *Proceedings of the Intern. Scientific and Practical Conf. Regional Economy “Technology, Economics, Ecology, Infrastructure”*. Kyzyl, 2015. Pp. 269–271.
17. Mongush G. R. The prospects for solar power plants of various capacities for the electrification of decentralized facilities of the Republic of Tyva // *Proceedings of the 2nd Intern. Scientific and Practical Conf. Regional Economics “Technology, Economics, Ecology, Infrastructure”*. Kyzyl, 2017. Pp. 81–85.

Поступила в редакцию: 14.10.2022.

Принята к печати: 18.11.2022.