
МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Научная статья

УДК 001.18; DOI: 10.61260/2307-7476-2023-3-6-21

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В КОНТЕКСТЕ ПРОГНОЗОВ РАЗВИТИЯ ТРАДИЦИОННОЙ И АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

✉ Савчук Олег Николаевич;

Троянов Олег Михайлович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ oleg-savcuk@mail.ru

Аннотация. В связи с проблемой обеспечения экологической безопасности и, в частности, в связи с необходимостью преодоления низкого уровня экологического образования и экологической культуры населения рассматриваются результаты исследований по вопросам развития энергетики, использования возобновляемых источников энергии в планетарном масштабе и в России. Исследования в рамках настоящей статьи выполнялись, в том числе, с целью дальнейшего использования полученных результатов при разработке на кафедре сервис безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России учебно-методического пособия, содержание которого связано с теоретическим и практическим изучением на занятиях по дисциплинам экологической направленности и безопасности жизнедеятельности влияния на обеспечение экологической безопасности альтернативной энергетики, отдельных возобновляемых источников энергии. Приводятся прогнозные данные в области развития энергетики в мире, в отдельных странах и в России к 2050 г., опубликованные на сайте EES EAEC. Показаны перспективы развития электроэнергетики на обозримое будущее, до 2050 г. в целом в мире и в России, в соответствии с которыми предполагается существенное увеличение использования возобновляемых источников энергии и, следовательно, уменьшение негативного воздействия на окружающую среду, повышение экологической безопасности.

Ключевые слова: прогноз, экологическая безопасность, традиционная и альтернативная энергетика, возобновляемые и ископаемые источники

Для цитирования: Савчук О.Н., Троянов О.М. Экологическая безопасность в контексте прогнозов развития традиционной и альтернативной энергетики // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 3 (47). С. 6–21. DOI: 10.61260/2307-7476-2023-3-6-21.

Scientific article

ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE CONTEXT OF FORECASTS FOR THE DEVELOPMENT OF TRADITIONAL AND ALTERNATIVE ENERGY

✉ Savchuk Oleg N.;

Trojanov Oleg M.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ oleg-savcuk@mail.ru

Abstract. In the article, in connection with the problem of ensuring environmental safety and, in particular, in connection with the need to overcome the low level of environmental education and environmental culture of the population, the results of research on the development of energy, the use of renewable energy sources on a planetary scale and in Russia are considered. The research in the framework of this article was carried out, among other things, with the aim of further using the results obtained in the development of an educational and methodological manual at the department of security

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

service of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, the content of which is related to the theoretical and practical study in classes on the disciplines of environmental orientation and life safety of the impact on ensuring environmental safety of alternative energy, separate renewable energy sources. This article presents forecast data in the field of energy development in the world, in individual countries and in Russia by 2050, published on the EES EAEC website. The prospects for the development of the electric power industry for the foreseeable future, up to 2050 in the whole world and Russia, are shown, according to which a significant increase in the use of renewable energy sources is expected and, consequently, a reduction in the negative impact on the environment, an increase in environmental safety.

Keywords: forecast, environmental safety, traditional and alternative energy, renewable and fossil sources

For citation: Savchuk O.N., Troyanov O.M. Environmental safety in the context of forecasts for the development of traditional and alternative energy // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty)* = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2023. № 3 (47). P. 6–21. DOI: 10.61260/2307-7476-2023-3-6-21.

Введение и состояние вопроса

В настоящее время вопросы обеспечения экологической безопасности, охраны окружающей среды приобрели глобальный масштаб и значение важнейших проблем устойчивого развития.

Неоспоримым фактом сегодняшнего дня являются опасные последствия для окружающей среды, связанные с добычей, переработкой и использованием энергоресурсов. Известна экологическая опасность традиционной тепловой энергетики.

Последствия развития топливно-энергетического комплекса представляют одну из самых сложных глобальных проблем. Именно развитие мирового топливно-энергетического комплекса обуславливает опасный рост концентрации в атмосфере парниковых газов. Это, в свою очередь, меняет химический состав и физические свойства атмосферы и вызывает изменения климата, проявляющиеся прежде всего в увеличении средней температуры на планете. К числу других проявлений можно отнести изменение осадков, влажности почв, «фозы» и силы ветров, уровня океана, состояния тундры, снежного и ледяного покровов и т.д.

В рамках сформировавшегося в XX в. ресурсно-сырьевого и технологического уклада мировой энергетики Российская Федерация занимает уникальное место, являясь одновременно крупным производителем, потребителем и экспортером всех видов углеродных энергетических ресурсов, а также одним из мировых лидеров в атомной энергетике и гидроэнергетике [1].

Энергетика Российской Федерации, основой которой является топливно-энергетический комплекс, вносит значительный вклад в национальную безопасность и социально-экономическое развитие страны [2].

В публикациях, отражающих эколого-экономический аспект энергетики, зачастую используется образная характеристика современного этапа развития цивилизации как эпоха трех «Э» – «экономики, энергетики и экологии».

Сущность триады «экономика, энергетика и экология» состоит в следующем. Ничто новое в экономике, в жизнедеятельности людей: транспорт, производство, населенный пункт, просто дом не может быть создано, если недостаточно энергии или не создан новый источник энергии, в том числе источник электроэнергии, но при этом окружающая среда не должна подвергаться негативному воздействию, нарушающему экологическое равновесие с нарастающими экологическими проблемами.

Развитие электроэнергетики – это в первую очередь создание новых электростанций, которые усиливают негативное воздействие на окружающую среду. С ростом народонаселения и, соответственно, потребностей в электроэнергетическом обеспечении растет количество объектов топливно-энергетического комплекса и, как следствие, существенно увеличивается и нагрузка на окружающую среду. В настоящее время не видно предпосылок к тому, что в будущем потребление электроэнергии может сократиться.

Таким образом, в триаде «экономика, энергетика и экология» актуальными являются исследовательские задачи, решение которых позволит ответить на следующие вопросы:

1. Каковы перспективы развития энергетики и электроэнергетики, ее компонентов в мире и в России?

2. Какая существует в настоящее время альтернативная электроэнергетика и каковы перспективные направления ее развития?

Приводимые в настоящей статье результаты проведенного исследования связаны с задачами, решение которых в той или иной степени дает ответы на вопросы об использовании возобновляемых источников энергии в мире и в России с учетом перспективных направлений развития энергетики и электроэнергетики в целом.

Актуальность исследования в рамках настоящей статьи состоит в том, что изложенные материалы дополняют и развивают теоретические знания в сфере использования возобновляемых источников как одной из составляющих обеспечения экологической безопасности.

Практическая значимость исследования в рамках настоящей статьи заключается в том, что изложенные материалы предполагается использовать в процессе разработки на кафедре сервис безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России учебно-методического пособия, содержание которого связано с изучением альтернативной энергетики и практическим исследованием на занятиях отдельных возобновляемых источников энергии.

Заключения и выводы в рамках настоящей статьи основываются на данных информационно-аналитического энергетического сайта EES EAEC, основанного в апреле – ноябре 2011 г., с использованием сервисов Google: Google Workspace, Google Maps, Google Earth, Google Street View, You Tube, а также материалов NASA, Earth Observation Group. В частности, в настоящей статье исследуются данные, аргументирующие прогноз: «потребление возобновляемой энергии на планете сравняется с потреблением жидкого топлива к 2050 г.» [3].

Здесь уместно отметить экологическую роль, отводимую в отечественных государственных программах возобновляемым источникам энергии, особенно в связи с известными проблемами изменения климата. Государственная программа Российской Федерации «Развитие энергетики» содержит подпрограмму «Развитие использования возобновляемых источников энергии», которая декларирует задачу «развития отечественной научно-технологической базы и освоение передовых технологий в области использования возобновляемых источников энергии» в интересах эколого-экономического баланса [4].

Результаты проведенного исследования связаны с решением основных задач в области обеспечения экологической безопасности по следующим направлениям: активизация фундаментальных и прикладных научных исследований в области охраны окружающей среды и природопользования, включая экологически чистые технологии; развитие системы экологического образования и просвещения; повышение квалификации кадров в области обеспечения экологической безопасности [5].

Приведенные аргументы обуславливают актуальность и необходимость процесса изучения дисциплин экологической направленности формирования знаний у обучающихся в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России в сфере альтернативной энергетики. Такой подход в полной мере соответствует требованиям ст. 71 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» о всеобщности и комплексности экологического образования.

Исследовательская часть

Население планеты продолжает расти. Вместе с ростом населения растут потребности в энергетическом обеспечении развивающейся цивилизации. При этом, безусловно, увеличивается нагрузка на окружающую среду. Формируются глобальные опасные экологические проблемы.

Прогнозная оценка увеличения населения планеты к 2050 г. представлена в табл. 1.

Прогноз динамики населения мира и отдельных крупных стран до 2050 г. [3]

Страны	Население, 2020–2050 гг., млн чел.					
	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Весь мир	8 112	8 475	8 812	9 122	9 403	9 655
Отдельные крупные страны						
Бразилия	219	224	227	229	230	229
Индия	1 447	1 505	1 555	1 594	1 621	1 640
Канада	40	42	44	46	47	49
Китай	1 458	1 464	1 461	1 449	1 429	1 402
Россия	145	143	141	139	137	136
США	342	353	362	371	379	386
Южная Корея	51	51	51	50	48	47
Япония	124	121	117	114	110	106

Для наглядности изменения населения в отдельных крупных странах показаны в гистограммах на рис. 1.

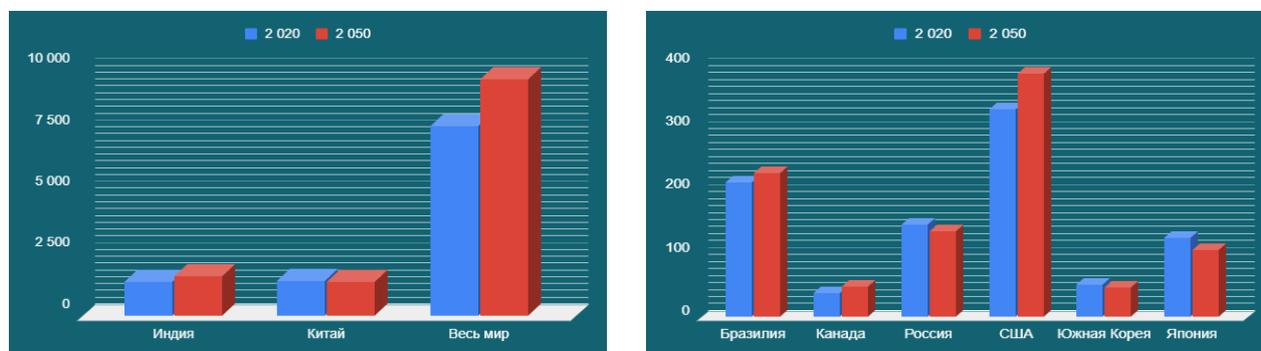


Рис. 1. Прогнозная оценка изменений народонаселения в отдельных странах к 2050 г. в сравнении с 2020 г. [3]

Прогнозная оценка роста общего потребления в мире различных энергоносителей и потребления энергоносителей, связанных с производством электроэнергии (в миллионах тонн условного топлива (тут), до 2050 г. представлена в табл. 2.

Таблица 2

Прогноз динамики конечного потребления энергоносителей в мире до 2050 г., млн тут [3]

Энергоносители	Годы					
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Потребление энергии в электроэнергетике						
Жидкие продукты	252	109	50	26	15	11
Природный газ	1 897	1 942	1 877	1 861	1 870	1 922
Уголь	3 056	2 897	3 027	3 136	3 231	3 196
Ядерное топливо	1 079	1 107	1 157	1 167	1 141	1 142
Возобновляемые	3 030	3 774	4 508	5 285	6 112	6 902
Всего	9 313	9 830	10 620	11 475	12 369	13 173
Общее потребление энергии						
Жидкие продукты	7 516	7 762	8 043	8 338	8 659	8 947
Природный газ	5 703	5 993	6 169	6 413	6 662	6 955
Уголь	5 680	5 610	5 841	6 059	6 278	6 361
Ядерное топливо	1 111	1 141	1 194	1 205	1 177	1 178
Возобновляемые	4 021	4 883	5 733	6 621	7 562	8 466
Всего	24 031	25 388	26 980	28 635	30 339	31 907

Прогнозная динамика до 2050 г. общего потребления энергоносителей и потребления энергоносителей, связанных с производством электроэнергии, в России показана в табл. 3.

Таблица 3

Прогноз динамики конечного потребления энергоносителей в России до 2050 г., млн тунт [3]

Энергоносители	Годы					
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Потребление энергии в электроэнергетике						
Жидкие продукты	5	0	0	0	0	0
Природный газ	172	183	175	176	176	175
Уголь	74	74	90	91	91	91
Ядерное топливо	87	89	89	89	89	87
Возобновляемые	61	65	73	81	83	88
Всего	399	411	427	436	440	440
Общее потребление энергии						
Жидкие продукты	289	292	302	309	317	322
Природный газ	664	700	718	743	764	781
Уголь	191	195	215	221	224	226
Ядерное топливо	91	93	93	93	93	90
Возобновляемые	71	75	85	94	97	102
Всего	1 306	1 355	1 413	1 460	1 496	1 521

Показатели энергосбережения и энергетической эффективности характеризуют успешность реализации политики повышения энергоэффективности в государстве. Главным индикатором для мониторинга успешности реализации политики повышения энергоэффективности считается изменение энергоемкости за счет технологического фактора.

Текущее состояние энергоэффективности экономики России связано с недостаточным уровнем внедрения технологий высокой энергетической эффективности. Уровень внедрения светодиодных светильников в системах наружного освещения в субъектах Российской Федерации растет, в то же время их доля пока еще не достигла 50 % (41,2 % от общего количества применяемых светильников). Наибольшая доля (51 %) применения светодиодных светильников в настоящее время наблюдается в Дальневосточном федеральном округе, а наименьшая (31 %) – в Северо-Кавказском федеральном округе [6].

Прогноз развития тепловой энергетики, включающий тепловые электростанции, сжигающие жидкое топливо, природный газ и уголь, в мире в целом и в отдельных странах до 2050 г. представлен в табл. 4.

Таблица 4

Прогноз развития тепловой энергетики до 2050 г. в мире и отдельных странах (производства тепловыми электростанциями электроэнергии-нетто, млрд кВт.ч) [3]

Страны	Прогноз					
	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Бразилия	81	69	53	36	32	32
Индия	679	652	629	590	517	464
Канада	107	99	110	141	167	183
Китай	4 536	4 250	4 272	4 299	4 338	4 359
Россия	723	752	763	770	772	768
США	2 267	2 267	2 246	2 334	2 439	2 553
Южная Корея	349	357	339	322	292	293
Япония	679	652	629	590	517	464
Весь мир	15 157	14 636	14 617	14 851	15 225	15 451

Анализ данных табл. 4 показывает незначительный рост в целом в мире производства электроэнергии тепловыми электростанциями. Мировое прогнозируемое производство электроэнергии тепловыми электростанциями в 2050 г. если и увеличится, то всего лишь на 0,5 %. В отдельных странах прогнозируется сокращение тепловой энергетики (например, в Японии). Однако в некоторых странах ожидается существенный рост тепловой энергетики (например, в Канаде).

Следует отметить предполагаемые в 2050 г., в сравнении с 2020 г., существенные изменения в структуре установленной мощности тепловых электростанций в мире в целом в пользу природного газа. Предполагается, что доля использования природного газа в мировой тепловой электроэнергетике увеличится с 16,8 % в 2020 г. до более чем 50 % в 2050 г. При этом доля использования жидкого топлива с 46,1 % в 2020 г. в 2050 г. практически будет сведена на нет – сократится до 1,4 %.

Приведенная в таблицах информация наглядно показывает, что существенную часть электроэнергии как в целом в мире, так и в отдельных странах получают за счет сжигания ископаемого топлива, в первую очередь природного газа, угля, нефти. Потребителями жидкого топлива, природного газа и угля являются тепловые электростанции. Именно тепловые электростанции приносят в атмосферу значительное количество парниковых газов, влияющих на изменение климата Земли, увеличивая планетарную экологическую опасность.

Изменения структуры установленной мощности тепловых электростанций всего мира в 2050 г., в сравнении с 2020 г., показывают диаграммы на рис. 2.

Аналогично диаграммы на рис. 3 иллюстрируют изменения структуры установленной мощности тепловых электростанций Российской Федерации в 2050 г., в сравнении с 2020 г.

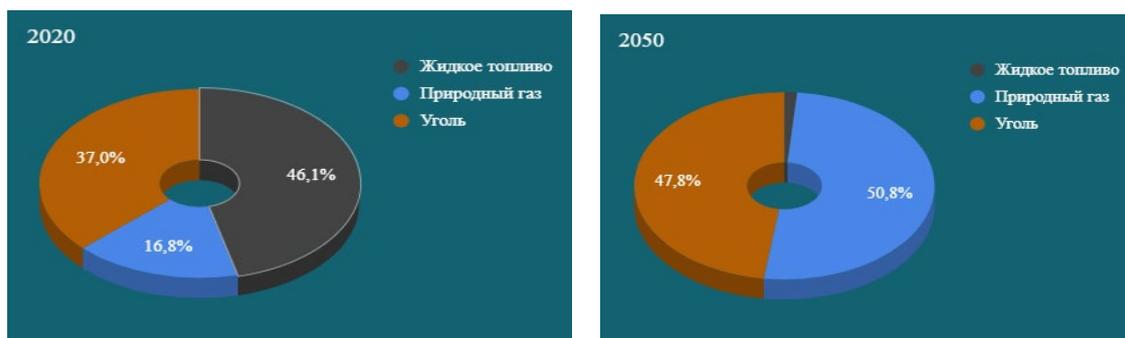


Рис. 2. Структура установленной мощности тепловых электростанций мира в 2020 г. и в прогнозируемом 2050 г. [3]

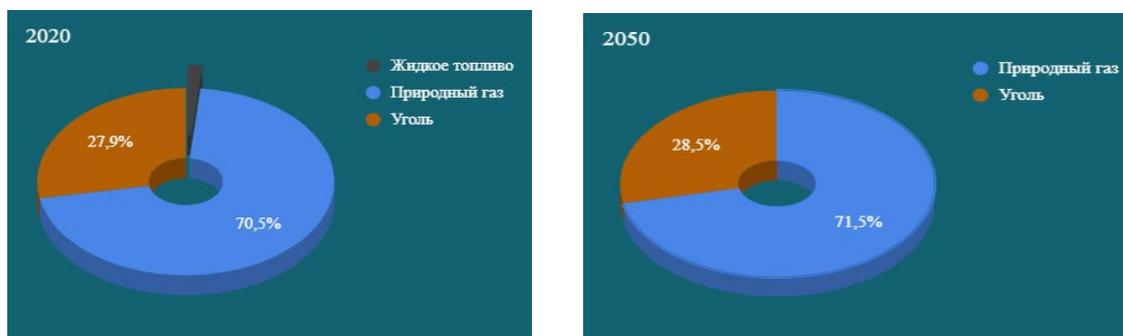


Рис. 3. Структура установленной мощности тепловых электростанций Российской Федерации в 2020 г. и в прогнозируемом 2050 г. [3]

В ряду экологических последствий сокращения использования жидкого топлива в мировой тепловой электроэнергетике следует ожидать сокращения загрязнения атмосферы, но при этом не уменьшатся выбросы парниковых газов, вызывающих изменение климата.

Важно также отметить, что в России жидкое топливо, которое уже сейчас занимает незначительную долю в тепловой электроэнергетике страны – 1,6 %, по прогнозу к 2050 г. практически не будет использоваться для производства электроэнергии. При этом в Российской Федерации в 2050 г. основными энергоносителями в тепловой энергетике будут оставаться: природный газ – 71,5 % и уголь – 28,5 %.

Таким образом, в динамике развития электроэнергетического комплекса мира к 2050 г. следует предположить стабильность производства электроэнергии тепловыми электростанциями и определенный прирост производства электроэнергии за счет опережающего развития возобновляемой энергетики.

Предполагается, что именно развитие альтернативной энергетики позволит существенно снизить экологические риски, связанные с «парниковым эффектом» и изменением климата Земли.

В составе возобновляемой энергетики, как правило, выделяют две составляющих. Одна составляющая – это относительно традиционная электроэнергетика, включающая использование гидроэнергетического потенциала на гидроэлектростанциях. Другая составляющая включает нетрадиционные возобновляемые источники электроэнергии, получившие широко распространенное название – альтернативные источники энергии. Для производства электроэнергии на альтернативных источниках энергии используются естественные процессы, в которых циркулируют разные виды практически неиссякаемой природной энергии.

Возобновляемые источники энергии: энергия солнца, энергия ветра, энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях, энергия приливов, энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов, геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей, низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей, биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива, биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках [7].

Подробно прогноз развития возобновляемой энергетики в мире, а также в отдельных странах к 2050 г. показан в табл. 5.

Таблица 5

Прогноз развития возобновляемой энергетики до 2050 г. в мире и отдельных странах (производства электроэнергии-нетто, млрд кВт.ч) [3]

Страны	Прогноз					
	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Бразилия	550	601	668	732	770	804
Индия	882	1 510	2 028	2 565	3 279	4 325
Канада	2 990	3 660	4 190	4 853	5 513	5 869
Китай	2 990	3 660	4 190	4 853	5 513	5 869
Россия	206	218	247	271	281	295
США	1 324	1 578	1 794	1 942	2 104	2 312
Южная Корея	39	60	95	152	205	220
Япония	214	228	256	314	407	472
Весь мир	10 171	12 749	15 249	17 923	20 762	23 477

В табл. 5 учтены суммарные показатели производства электроэнергии в гидроэнергетике, ветроэнергетике, геотермальной энергетике, солнечной энергетике и в некоторых других видах производства электроэнергии, например, в биоэнергетике.

Структуру установленной мощности возобновляемых источников энергии мира и России в 2020 г. и в прогнозируемом 2050 г. наглядно демонстрируют диаграммы на рис. 5, 6. В России в настоящее время в структуре возобновляемых источников энергии доля гидроэнергетики составляет 96,3 %. К 2050 г. за счет развития ветроэнергетики и гелиоэнергетики прогнозируется сокращение доли гидроэнергетики до 61,4 %.

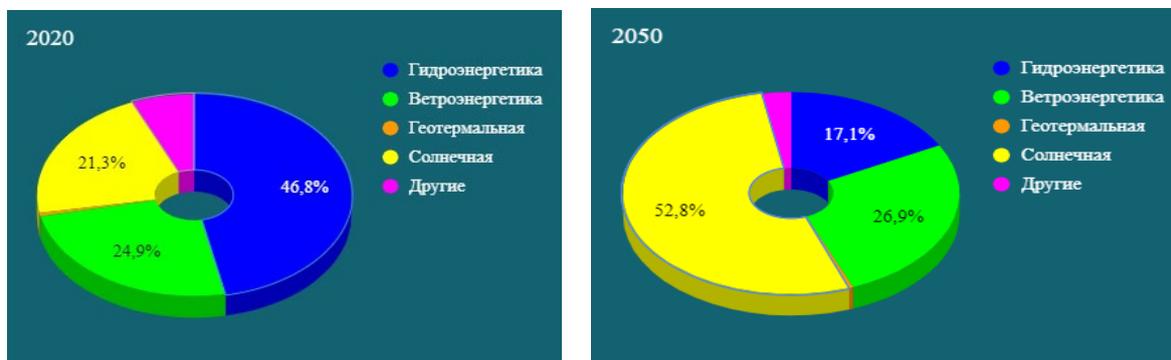


Рис. 5. Структура установленной мощности возобновляемых источников энергии мира в 2020 г. и в прогнозируемом 2050 г. [3]

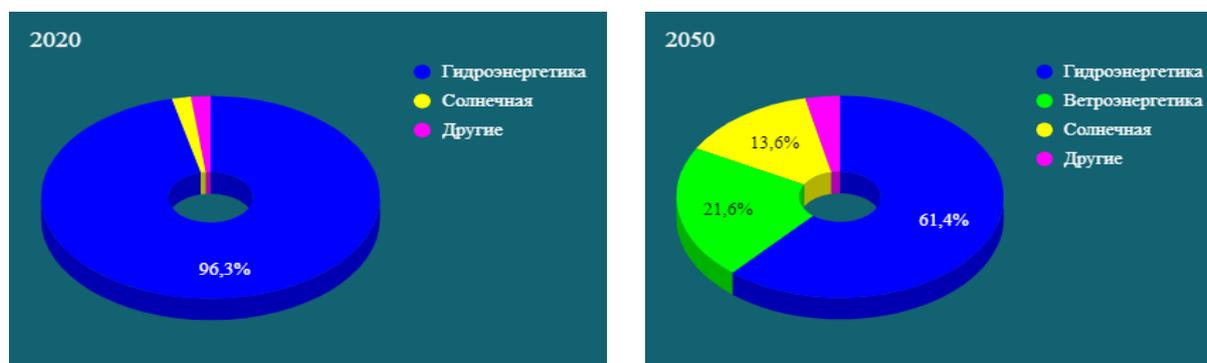


Рис. 6. Структура установленной мощности возобновляемых источников энергии в России в 2020 г. и в прогнозируемом 2050 г. [3]

Прогнозные показатели до 2050 г. производства электроэнергии в гидроэнергетике в мире, в отдельных странах, в том числе в России, приводятся в табл. 6.

Таблица 6

Прогноз развития гидроэнергетики до 2050 г. в мире и отдельных странах (производства электроэнергии-нетто, млрд кВт.ч) [3]

Страны	Прогноз					
	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Бразилия	410	411	413	418	428	448
Индия	223	286	295	300	305	310
Канада	411	430	430	430	430	430
Китай	1 266	1 334	1 381	1 448	1 448	1 448
Россия	203	203	205	206	208	209
США	295	295	295	294	294	294
Южная Корея	4	4	5	5	5	5
Япония	86	86	86	86	86	86
Весь мир	4 620	4 921	5 065	5 211	5 337	5 548

Перспективы развития и использования альтернативных источников энергии, в первую очередь ветровой и солнечной энергии в решении глобальных и локальных экологических проблем, должны снизить негативное воздействие на окружающую среду и должны способствовать обеспечению экологической безопасности за счет сокращения использования невозобновляемых природных ресурсов.

В табл. 7, 8 представлены прогнозные показатели до 2050 г. производства электроэнергии в мире, в отдельных странах, в том числе в России, альтернативными источниками энергии в ветроэнергетике и солнечной энергетике.

Таблица 7

**Прогноз развития ветроэнергетики до 2050 г. в мире и отдельных странах
(производства электроэнергии-нетто, млрд кВт.ч) [3]**

Страны	Прогноз					
	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Бразилия	81	122	181	235	259	270
Индия	219	376	614	918	1 124	1 147
Канада	65	87	118	151	184	215
Китай	899	1 001	1 001	1 001	1 001	1 001
Россия	0	6	28	48	54	61
США	630	673	731	748	762	790
Южная Корея	9	24	55	113	167	181
Япония	20	34	62	120	212	277
Весь мир	2 814	3 583	4 533	5 526	6 410	6 833

Таблица 8

**Прогноз развития солнечной энергетике до 2050 г. в мире и отдельных странах
(производства электроэнергии-нетто, млрд кВт.ч) [3]**

Страны	Прогноз					
	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Бразилия	4	4	4	5	5	5
Индия	168	334	440	526	725	1 140
Канада	3	3	3	3	3	3
Китай	399	602	801	1 052	1 330	1 480
Россия	1	4	6	7	8	12
США	167	252	317	372	439	519
Южная Корея	11	15	17	17	17	17
Япония	55	55	55	55	55	55
Весь мир	1 181	1 804	2 375	3 006	3 772	4 640

Атомная энергетика не считается возобновляемой, так как она зависит от использования добытого конечного энергетического ресурса. Она остается важным источником электроэнергии в мире, хотя прогнозируется сокращение доли энергоблоков атомных электростанций в мировой структуре установленной мощности электростанций в 2050 г. до 2,9 %. Этот показатель в настоящее время составляет примерно 5,2 %. При этом прогнозируется увеличение номинального количества энергоблоков атомных электростанций в мире с 374 в настоящее время до 427 в 2050 г.

Здесь следует отметить, что с учетом постоянно растущих потребностей в энергии атомная энергетика становится все более привлекательной в тех случаях, когда спрос на энергию быстро растёт, как, например, в Китае и Индии. В Китае прогнозируется увеличение

номинального количества энергоблоков атомных электростанций с 48 до 143 в 2050 г. В Индии предполагается увеличение номинального количества энергоблоков атомных электростанций с 6 до 26 в 2050 г.

В Российской Федерации в структуре установленной мощности электростанций доля энергоблоков атомных электростанций прогнозируется неизменной. Этот показатель сохранится на уровне примерно в 10 %. Не прогнозируется существенных изменений и в номинальном количестве энергоблоков российских атомных электростанций. В России 27 действующих энергоблоков атомных электростанций. В 2050 г. в России может быть 31 действующий энергоблок атомных электростанций. Перспективным в строительстве будущих АЭС в России будут АЭС с реакторами на быстрых нейтронах и более безопасными в радиационном отношении теплоносителями.

Приведенные выше данные подтверждаются показателями прогнозных оценок до 2050 г. производства электроэнергии атомной энергетикой в мире и в отдельных странах, в том числе в России, представленными в табл. 9.

Таблица 9

Прогноз развития атомной энергетики до 2050 г. в мире и отдельных странах (производства электроэнергии-нетто, млрд кВт.ч) [3]

Страны	Прогноз						
	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Бразилия	14	14	23	23	23	18	18
Индия	36	52	69	76	106	128	151
Канада	87	71	77	72	51	39	28
Китай	331	416	538	674	795	905	1 002
Россия	204	229	234	234	234	234	227
США	785	745	630	609	595	599	594
Южная Корея	178	228	228	226	196	186	183
Япония	58	115	139	139	121	102	102
Весь мир	2 630	2 836	2 914	3 053	3 084	3 020	3 025

Прогнозируемые изменения в структуре установленной совокупной мощности различных электростанций всего мира в 2050 г. в сравнении с 2020 г., наглядно демонстрируются на диаграммах, приведенных на рис. 7.



Рис. 7. Структура установленной совокупной мощности различных электростанций всего мира в 2020 г. и в прогнозируемом 2050 г. [3]

Предполагается, что в первую очередь эти изменения будут связаны с почти двукратным увеличением использования возобновляемых источников энергии и также практически двукратным сокращением тепловой энергетики.

Диаграммы, приведенные на рис. 8, отражающие изменения в структуре установленной совокупной мощности различных электростанций России в 2050 г. в сравнении 2020 г., существенно не отличаются друг от друга.

Однако следует отметить повышение почти на 10 % использования возобновляемых источников энергии при значительном увеличении доли ветроэнергетики и солнечной энергетики, что иллюстрируется на рис. 8. Следует также отметить сокращение почти на 10 % использования мощностей тепловых электростанций.

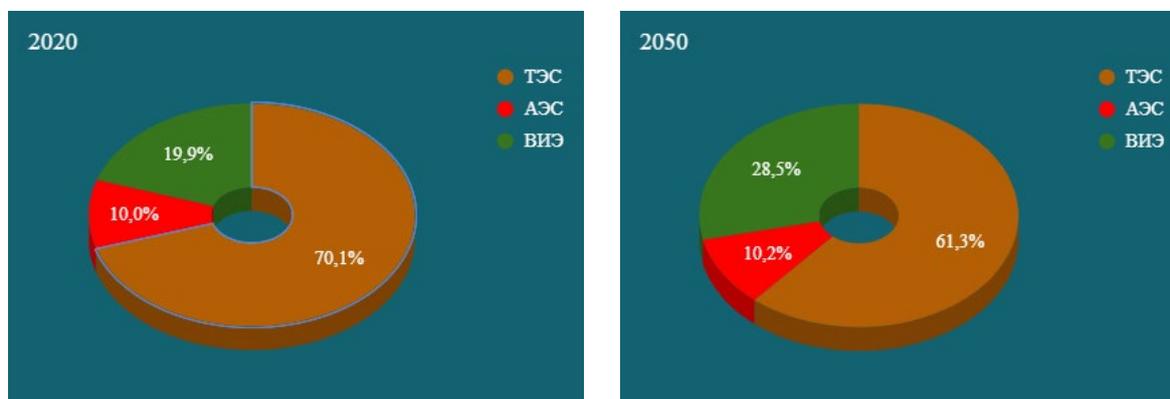


Рис. 8. Структура установленной совокупной мощности различных электростанций России в 2020 г. и в прогнозируемом 2050 г. [3]

В табл. 10 приводятся прогнозные показатели развития электроэнергетики всего мира до 2050 г. в сводном, интегральном варианте.

Аналогично прогнозные показатели развития электроэнергетики России до 2050 г. в сводном, интегральном варианте приводятся в табл. 11.

Таблица 10

Интегральные прогнозные показатели развития электроэнергетики всего мира до 2050 г. [3]

№ п/п	Показатели	Единица измерения	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Макроэкономические показатели								
1	Население	млн чел.	8 112	8 475	8 812	9 122	9 403	9 655
2	Конечное потребление энергоносителей	млн тунт	24 031	25 388	26 980	28 635	30 339	31 907
3	Потребление энергоносителей электроэнергетическим сектором (без собственных нужд)	млн тунт	9 313	9 830	10 620	11 475	12 369	13 173
Электроэнергетические комплексы								
4	Установленная мощность электростанций, в том числе:	млн кВт	8 601	9 579	10 568	11 784	13 252	14 747
4.1	Установленная мощность ТЭС	млн кВт	4 578	4 520	4 451	4 474	4 595	4 752
4.2	Установленная мощность АЭС	млн кВт	419	410	431	436	426	427

№ п/п	Показатели	Единица измерения	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
4.3	Установленная мощность ВИЭ, из которой:	млн кВт	3 593	4 593	5 553	6 604	7 718	8 790
4.3.1	Установленная мощность ГЭС	млн кВт	1 272	1 348	1 387	1 427	1 458	1 507
4.3.2	Установленная мощность ВЭС	млн кВт	940	1 204	1 531	1 903	2 213	2 362
4.3.3	Установленная мощность ГеоТЭС	млн кВт	19	26	29	32	34	34
4.3.4	Установленная мощность СЭС	млн кВт	1 181	1 804	2 375	3 006	3 772	4 640
4.4	Установленная мощность АХЭ	млн кВт	11	56	134	270	513	778
5	Производство электроэнергии-нетто, в том числе:	млрд кВт·ч	28 164	30 299	32 919	35 858	39 006	41 953
5.1	Производство электроэнергии-нетто на ТЭС	млрд кВт·ч	15 157	14 636	14 617	14 851	15 225	15 451
5.2	Производство электроэнергии-нетто на АЭС	млрд кВт·ч	2 836	2 914	3 053	3 084	3 020	3 025
5.3	Производство электроэнергии-нетто на ВИЭ, из которого:	млрд кВт·ч	10 171	12 749	15 249	17 923	20 762	23 477
5.3.1	Производство электроэнергии-нетто на ГЭС	млрд кВт·ч	4 620	4 921	5 065	5 211	5 337	5 548
5.3.2	Производство электроэнергии-нетто на ВЭС	млрд кВт·ч	2 814	3 583	4 533	5 526	6 410	6 833
5.3.3	Производство электроэнергии-нетто на ГеоТЭС	млрд кВт·ч	129	188	214	239	249	254
5.3.4	Производство электроэнергии-нетто на СЭС	млрд кВт·ч	2 275	3 656	4 949	6 391	8 145	10 152

Таблица 11

Интегральные прогнозные показатели развития электроэнергетики Российской Федерации до 2050 г. [3]

№ п/п	Показатели	Единица измерения	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Макроэкономические показатели								
1	Население	млн чел.	145	143	141	139	137	136
2	Конечное потребление энергоносителей	млн тут	1 306	1 355	1 413	1 460	1 496	1 521
3	Потребление энергоносителей электроэнергетическим сектором (без собственных нужд)	млн тут	399	411	427	436	440	440

№ п/п	Показатели	Единица измерения	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2040 г.	2045 г.	2050 г.
Электроэнергетические комплексы								
4	Установленная мощность электростанций, в том числе:	млн кВт	280	280	289	296	299	304
4.1	Установленная мощность ТЭС	млн кВт	191	188	188	187	187	187
4.2	Установленная мощность АЭС	млн кВт	33	32	32	32	32	31
4.3	Установленная мощность ВИЭ, из которой:	млн кВт	55	60	69	77	81	87
4.3.1	Установленная мощность ГЭС	млн кВт	52	52	53	53	53	54
4.3.2	Установленная мощность ВЭС	млн кВт	–	2	8	15	16	19
4.3.3	Установленная мощность ГеоТЭС	млн кВт	–	–	–	–	–	–
4.3.4	Установленная мощность СЭС	млн кВт	1	4	6	7	8	12
4.4	Установленная мощность АХЭ	млн кВт	–	–	–	–	–	–
5	Производство электроэнергии-нетто, в том числе:	млрд кВт·ч	1 158	1 204	1 243	1 274	1 286	1 290
5.1	Производство электроэнергии-нетто на ТЭС	млрд кВт·ч	723	752	763	770	772	768
5.2	Производство электроэнергии-нетто на АЭС	млрд кВт·ч	229	234	234	234	234	227
5.3	Производство электроэнергии-нетто на ВИЭ, из которого:	млрд кВт·ч	206	218	247	271	281	295
5.3.1	Производство электроэнергии-нетто на ГЭС	млрд кВт·ч	203	203	205	206	208	209
5.3.2	Производство электроэнергии-нетто на ВЭС	млрд кВт·ч	–	6	28	48	54	61
5.3.3	Производство электроэнергии-нетто на ГеоТЭС	млрд кВт·ч	1	1	1	1	1	1
5.3.4	Производство электроэнергии-нетто на СЭС	млрд кВт·ч	3	7	12	13	16	21

В табл. 10, 11 показано, что перспективы развития электроэнергетики на обозримое будущее (конкретно до 2050 г.) предполагают существенное увеличение использования возобновляемых источников энергии как в целом в мире, так и в России. Предполагается

также, что увеличение использования возобновляемых источников энергии позволит в определенной мере способствовать решению проблем обеспечения экологической безопасности и, в частности, глобальной экологической проблемы изменения климата.

Заключение

Таким образом, перспективы развития электроэнергетики на обозримое будущее предполагают существенное увеличение использования возобновляемых источников энергии как в целом в мире, так и в России.

Возобновляемые источники энергии уже сегодня и, безусловно, в перспективе становятся реальной альтернативой при производстве электроэнергии.

Никто сейчас не сомневается, что ископаемое топливо по природе не может быть вечным. Более того, в условиях быстрого роста населения Земли запасы ископаемых источников энергии будут быстрее приближаться к критическим показателям.

Следствием роста человеческой популяции является увеличение экологической нагрузки. В большинстве случаев электроэнергетика на возобновляемых источниках энергии экологически чистая по сравнению с традиционной энергетикой, как минимум из-за отсутствия вредных выбросов при производстве электроэнергии.

Солнце и ветер являются самыми распространенными источниками возобновляемой энергии.

Основное предназначение возобновляемых источников энергии видится в развитии распределенной генерации в удаленных и изолированных энергорайонах, то есть в решении задачи устойчивого электроснабжения потребителей, не подсоединенных к Единой энергетической системе России. Вопросы экологии в такой трактовке поставленной задачи не поднимаются, но косвенно могут быть затронуты, например, поскольку используемые сейчас дизельные генераторы будут, вероятно, частично заменены объектами возобновляемых источников энергии, менее загрязняющими атмосферу [8].

Однако уже сейчас исключительно положительная оценка общего воздействия на окружающую среду возобновляемой энергетики не является абсолютно очевидной и требует дальнейших исследований. Например, пока сложно сравнивать стоимость энергии возобновляемых и не возобновляемых источников. Известны сложности, связанные с возможным дефицитом возобновляемой энергии во временных параметрах (временное отсутствие ветра, солнца).

Факторы планетарного масштаба, обусловленные стремительным развитием энергетических технологий, формированием кибернетических угроз и пандемии, в нынешнее и без того непростое время усложняют ситуацию в сфере мирового энергоснабжения, в энергетических отношениях между Западом и Россией. Возрастающая напряженность в мире ведет к политизации международных энергетических отношений.

В таком контексте Россия и другие государства не могут не сталкиваться с множеством вызовов и угроз надежному энергоснабжению, что делает обеспечение энергетической безопасности их ключевой проблемой вне зависимости от доступного ресурсного потенциала и иных возможностей [9].

Следует отметить, что в триаде «экономика, энергетика и экология» как в государственном, так и мировом масштабе еще очень много проблем, требующих быстрых, но непростых решений.

При этом следует также подчеркнуть наличие существенного положительного фактора в поиске проблемных решений. Сформировалось главное направление исследований, которое определяется прогнозом увеличения использования возобновляемых источников энергии в развитии электроэнергетики на ближайшее будущее в целом в мире, в отдельных странах, в том числе в России. По имеющимся оценкам, технический потенциал возобновляющихся источников энергии на территории России составляет порядка 4,6 млрд тут в год, то есть в пять раз превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов страны [10].

Увеличение использования возобновляемых источников энергии в перспективе непременно скажется на повышении экологической безопасности. Здесь видится связь расширения кругозора обучающихся в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России в энергетической сфере с формированием культуры экологической безопасности в образовательном процессе [11].

В конечном счете, изложенный в данной статье материал направлен на преодоление внутренних вызовов экологической безопасности, к которым относится низкий уровень экологического образования и экологической культуры населения [5].

Список источников

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года (утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Рос. Федерации от 13 мая 2019 г. № 216). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. U.S. EIA's International Energy Outlook 2021, Release Date: October 6, 2021: доклад Управления энергетической информации США (EIA). URL: <https://www.eeseaec.org/мировая-энергетика-2020-2050-годы> (дата обращения: 20.01.2023).

4. Государственная программа Российской Федерации «Развитие энергетики» (утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 15 апр. 2014 г. № 321 (в ред. от 26 авг. 2020 г.)). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (утв. Указом Президента Рос. Федерации от 19 апр. 2017 г. № 176). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2020 году: Гос. доклад. М.: Мин. экон. развития Рос. Федерации, 2021. 100 с.

7. Об электроэнергетике: Федер. закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ (в ред. от 1 июля 2020 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

8. Иваненко А.И. Экологические проблемы России и потенциал энергетики в их решении // *Окружающая среда и энерговедение (ОСЭ)*. 2020. № 3. С. 23–29.

9. Бобровский Ю.В. Проблема энергетической безопасности в отношениях России с внешним миром: сотрудничество, конкуренция и соперничество (1991–2021 гг.): дис. ... д-ра истор. наук. М.: МГИМО (ун-т) МИД Рос. Федерации, 2022. 535 с.

10. Троянов О.М. Формирование культуры экологической безопасности в образовательном процессе СПбУ ГПС МЧС России // *Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: приоритеты, проблемы, решения: Материалы всерос. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2018.*

11. Экологические основы использования возобновляющихся источников энергии / В.В. Волшаник [и др.] // *Вестник МГСУ*. 2010. № 4. С. 108.

References

1. Energeticheskaya strategiya Rossijskoj Federacii na period do 2035 goda (utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 9 iyunya 2020 g. № 1523-r). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

2. Doktrina energeticheskoy bezopasnosti Rossijskoj Federacii (utv. Ukazom Prezidenta Ros. Federacii ot 13 maya 2019 g. № 216). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

3. U.S. EIA's International Energy Outlook 2021, Release Date: October 6, 2021: doklad Upravleniya energeticheskoy informacii SSHA (EIA). URL: <https://www.eeseaec.org/mirovaya-energetika-2020-2050-gody> (data obrashcheniya: 20.01.2023).

4. Gosudarstvennaya programma Rossijskoj Federacii «Razvitie energetiki» (utv. postanovleniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 15 apr. 2014 g. № 321 (v red. ot 26 avg. 2020 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

5. Strategiya ekologicheskoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda (utv. Ukazom Prezidenta Ros. Federacii ot 19 apr. 2017 g. № 176). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

6. O sostoyanii energosberezheniya i povyshenii energeticheskoj effektivnosti v Rossijskoj Federacii v 2020 godu: Gos. doklad. M.: Min. ekon. razvitiya Ros. Federacii, 2021. 100 s.

7. Ob elektroenergetike: Feder. zakon ot 26 marta 2003 g. № 35-FZ (v red. ot 1 iyulya 2020 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

8. Ivanenko A.I. Ekologicheskie problemy Rossii i potencial energetiki v ih reshenii // Okruzhayushchaya sreda i energovedenie (OSE). 2020. № 3. С. 23–29.

9. Bobrovskij Yu.V. Problema energeticheskoj bezopasnosti v otnosheniyah Rossii s vneshnim mirom: sotrudnichestvo, konkurenciya i sopernichestvo (1991–2021 gg.): dis. ... d-ra istor. nauk. M.: MGIMO (un-t) MID Ros. Federacii, 2022. 535 s.

10. Troyanov O.M. Formirovanie kul'tury ekologicheskoj bezopasnosti v obrazovatel'nom processe SPbU GPS MCHS Rossii // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Formirovanie kul'tury bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: priority, problemy, resheniya: Materialy vseros. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2018.

11. Ekologicheskie osnovy ispol'zovaniya vozobnovlyayushchih istochnikov energii / V.V. Volshanik [i dr.] // Vestnik MGSU. 2010. № 4. S. 108.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 06.02.2023

Принята к публикации: 04.09.2023

The information about article:

Article was received by the editorial office: 06.02.2023

Accepted for publication: 04.09.2023

Информация об авторах:

Савчук Олег Николаевич, профессор кафедры сервис безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, e-mail: oleg-savchuk@mail.ru, SPIN-код: 5156-1928

Троянов Олег Михайлович, доцент кафедры сервис безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат военных наук, доцент, e-mail: troyanovo@igps.ru, SPIN-код: 7467-5841

Information about the authors:

Savchuk Oleg N., professor of the department of security service of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, professor, honored worker of the higher school of the Russian Federation, e-mail: oleg-savchuk@mail.ru, SPIN: 5156-1928

Troyanov Oleg M., associate professor of the department of security service of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of military sciences, associate professor, e-mail: troyanovo@igps.ru, SPIN: 7467-5841