

УДК 551.588.74
DOI 10.17513/use.38114

ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В КОНТЕКСТЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Стожко Н.Ю., Калугина И.Ю.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург,
e-mail: sny@usue.ru*

Цель исследования заключается в обосновании растущего в последние годы влияния химического загрязнения окружающей среды на процессы глобального изменения климата. Объектом исследования является глобальное изменение климата как одно из проявлений современного экологического кризиса. Предметом исследования выступают взаимосвязи между глобальным изменением климата и динамикой химического загрязнения окружающей среды (в первую очередь атмосферы). В работе показана возрастающая роль антропогенного фактора в развитии глобального изменения климата, динамика которого в значительной степени зависит не от экзогенных причин, а является результатом химического загрязнения, допущенного в процессе хозяйственной деятельности человека. Сделан вывод о необходимости сертифицировать и широко внедрять в практику современные методы анализа состояния окружающей среды. Показана важность применения новейших химических технологий для прогнозирования и регулирования процесса глобального изменения климата. Проанализированы отдельные климатические концепции и результаты экспериментальных исследований в области мониторинга состояния атмосферы, тропосферы, климата. Рассмотрена целесообразность разработки государственной системы контроля климатически активных веществ и сценариев декарбонизации экономики и энергетических систем. Обоснована необходимость корректировки имеющейся нормативно-правовой базы, с учетом вызова времени и уровня остроты проблемы. Сформулированы конкретные рекомендации в области совершенствования экологической и климатической политики, показана актуальность и необходимость формирования нового экологического правосознания.

Ключевые слова: атмосфера, гидросфера, глобальное изменение климата, окружающая среда, химическое загрязнение, химическая безопасность, экологический кризис

GLOBAL CLIMATE CHANGE IN THE CONTEXT OF CHEMICAL POLLUTION OF THE ENVIRONMENT

Stozhko N.Yu., Kalugina I.Yu.

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: sny@usue.ru

The purpose of the study is to substantiate the growing influence of chemical environmental pollution on the development of global climate change processes in recent years. The object of the study is global climate change as one of the manifestations of the modern environmental crisis. The subject of the study is the relationship between global climate change and the dynamics of chemical pollution of the environment (primarily the atmosphere). The work shows the increasing role of the anthropogenic factor in the development of global climate change, the dynamics of which largely depend not on exogenous causes, but are the result of chemical pollution caused by human economic activity. It is concluded that it is necessary to certify and widely introduce modern methods of analyzing the state of the environment into practice. The importance of using the latest chemical technologies for predicting and regulating the process of global climate change is shown. Separate climate concepts and results of experimental studies in the field of monitoring the state of the atmosphere, troposphere, and climate are analyzed. The feasibility of developing a state system for monitoring climate-active substances and scenarios for decarbonization of the economy and energy systems is considered. The need to adjust the existing regulatory framework is substantiated, taking into account the challenges of the time and the level of severity of the problem. Specific recommendations in the field of improving environmental and climate policy are formulated, the relevance and need for the formation of a new environmental legal consciousness is shown.

Keywords: atmosphere, hydrosphere, global climate change, environment, chemical pollution, chemical safety, environmental crisis

В настоящее время одной из наиболее актуальных в обсуждении тем стала проблема глобального изменения климата. В 2020 г. закончился срок действия Киотского протокола, и новый этап исследования проблемы связан с решениями Парижской конференции по климату (12.12.2015). Однако принятые на этой конференции решения носят лишь рекомендательный характер, что привело к постепенному внедрению практики

предоставления квот на выброс CO₂ в атмосферу. В рамках климатической программы «Fitfor 55 in 2030» Евросоюз принял решение о сокращении продажи сертификатов на такие выбросы. К 2034 г. планируется отказаться от них и сократить объем выбросов углекислого газа на 62% по сравнению с 2025 г. [1, с. 1]. Рост масштабов развития химической промышленности в качестве одного из триггеров негативного сценария

развития показал, что переход к «зеленой экономике» и чистой экологии в обозримом будущем маловероятен.

Дискуссии по глобальному изменению климата продолжаются. В настоящее время существует как минимум три подхода к пониманию данной проблемы. Первый подход связан с утверждениями о неизбежном глобальном потеплении, которое, по разным прогнозам, составит порядка 3°C за XXI в. [2, с. 351]. Прогнозируемые последствия такого повышения температуры включают: увеличение среднего уровня Мирового океана на 9–88 см, вероятность наводнений, рост осадков в Юго-Восточной Азии и уменьшение их в Центральной Азии, Африке, Средиземноморском регионе, Австралии, Новой Зеландии. Повысится вероятность засух, частоты и силы экстремальных климатических событий, таких как бури и ураганы, возрастет распространение некоторых трансмиссивных болезней, таких как малярия, произойдет потепление Антарктики и Арктики, что приведет к еще большему таянию морских льдов. Глобальное потепление в рамках первого подхода объясняется выбросами парниковых газов в атмосферу, которые создают так называемый «парниковый эффект», способствующий увеличению температуры на поверхности Земли [3].

Аргументы для тезиса о глобальном потеплении строятся на том, что «парниковый эффект» связан с человеческой деятельностью и может иметь фатальные последствия. Но следует отметить, что «поступающая солнечная энергия, около $2 \cdot 10^{17}$ Вт, нагревает внешнюю атмосферу приблизительно в 14000 раз сильнее, чем все ископаемое топливо, сжигаемое всеми людьми на Земле» [4, с. 315]. Таким образом, глобальное потепление в гораздо большей степени может оказаться детерминировано солнечной активностью.

Второй подход, наоборот, связан с представлениями о неизбежном похолодании на Земле и отрицанием роли «парникового эффекта». Например, А. Городницкий утверждает, что «существуют прямые свидетельства того, что изменения CO₂ в атмосфере являются следствием изменения температуры, а не его причиной» и что «в будущем нас ждет только значительное похолодание климата» [5].

Третий подход связан с представлениями о разнонаправленном характере изменения глобального климата, когда одни страны страдают от аномальной жары, другие –

от слишком суровых и снежных зим. Такой подход согласуется с представлениями о циклическом развитии климата и чередования «космических зим» и «космических лет» [6, с. 372].

Цель исследования заключается в обосновании растущего в последние годы влияния химического загрязнения окружающей среды на развитие процессов глобального изменения климата.

Материалы и методы исследования

Для реализации цели были использованы материалы ФГБУ «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за 2014–2023 гг. (URL: http://svgimet.ru/?page_id=50850) и статистические данные МЧС РФ за 2010–2020 гг. (URL: <https://rusind.ru/statistika-pozharov-v-rossii.html>). В исследовании использовались программно-целевой, структурно-функциональный, литературно-исторический, морфологический методы анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Большинство современных взглядов на проблему глобального изменения климата объединяет понимание того, что такое изменение многомерно, имеет множество причин как естественного, так и антропогенного порядка. На изменение температуры тропосферы влияют: яркость Солнца, отражательная способность Земли, угол оси вращения Земли, давление атмосферы, влажность, теплоемкость воздуха, поглощение парниковыми газами теплового излучения Солнца и Земли. Температура поверхности нашей планеты определяется преимущественно солнечным радиоактивным нагревом и силой парникового эффекта [7].

В последние десятилетия особую роль в процессах глобального изменения климата играет химическое загрязнение окружающей среды. Попадание все большего количества вредных химических веществ в атмосферу, в почву и особенно в воду способствует более быстрому разогреву тропосферы в результате физико-химических процессов, ионизирующего излучения и т.д. Известно, что значительная роль в радиационно-химических процессах принадлежит возбужденным молекулам химических загрязнителей.

Ярким примером химического загрязнения окружающей среды являются кислотные дожди, образующиеся в результате взаимодействия газовых атмосферных

выбросов с водой, кислородом и другими химическими соединениями. Их продуктами являются серная, сернистая, азотистая, азотная кислоты и другие соединения, приводящие к значительному снижению pH осадков (дождь, туман, снег). Кислотные осадки вызывают гибель лесов, урожаев, приводят к разрушению горных пород и зданий, способствуют выщелачиванию экотоксикантов из почвы и попаданию их в водные бассейны.

Химическое загрязнение тропосферы может быть как прямым, так и опосредованным. Прямым считается такое загрязнение, при котором химические вещества в газообразной форме непосредственно поступают в атмосферу и вступают в реакцию с другими химическими соединениями, что способствует ухудшению качества атмосферы. Опосредованный вариант химического загрязнения связан с попаданием вредных химических элементов в почву и воду, которые становятся токсичными и служат проводниками такого загрязнения. Испарение воды с поверхности крупных водоемов, начиная с океанов и морей, заканчивая реками и озерами, также насыщает атмосферу химическими загрязнителями, однако непосредственным их поставщиком здесь является уже не человек, не промышленное предприятие, а конкретный биогеоценоз.

Аналогичная ситуация и с биологическим загрязнением, которое является следствием химического загрязнения. Антропогенное влияние на биосферу ведет к разрыву многих биологических циклов, концентрации рассеянной энергии в виде теплового загрязнения и, соответственно, приводит к изменению климата. Таким образом, деление самого загрязнения окружающей среды на виды: физическое, химическое, биологическое – является достаточно условным. В данной типологии именно химическое загрязнение служит первичным фактором глобального изменения климата. Условность типологии загрязнения в данном случае можно объяснить тем, что химическое производство выделяется в качестве самостоятельного источника загрязнения. Выбросы автотранспорта, черной, цветной металлургии и других отраслей хозяйства также относятся к химическому загрязнению, поскольку они являются источником попадания в окружающую среду химических загрязнителей: кислот, щелочей, нефти и нефтепродуктов, пестицидов, диоксинов, тяжелых металлов, фенолов, аммонийного и нитритного азота.

О масштабах химического загрязнения говорит тот факт, что еще в начале XXI в. ежегодные выбросы углекислого газа в мире составляли 200 млрд т. Эта величина превышает способность Мирового океана к поглощению, что приводит к росту концентрации CO₂ в атмосфере и «парниковому эффекту». Тем самым можно утверждать, что в любом случае для глобального изменения климата первичным фактором служит именно химическое загрязнение. Это означает, что именно химическая безопасность должна определять климатическую политику и климатическую повестку.

Химическая безопасность, как составной элемент экологической безопасности, связана с производством, хранением, использованием и утилизацией различных химикатов. Однако в этом вопросе много серьезных упущений. В 2021 г. в Российской Федерации было зафиксировано 15,5 тыс. нелегальных мусорных свалок, а в 2022 г. их число сократилось до 12,9 тыс. Среди территорий с наибольшим ростом количества несанкционированных свалок в 2022 г. лидировали Москва и Московская область, Краснодарский край, Санкт-Петербург, Свердловская и Ростовская области (URL: <https://gor-hoz.ru/index.php/upravlenie-otkhodami/polygony/1634-kolichestvo-stikhijnykh-svalok-v-rossii-nachalo-umenshatsya-srediliderov-bashkortostan#>).

Несанкционированные свалки мусора являются очагами пожаров. Но даже официальные мусорные полигоны в своем большинстве – от 60 до 80% – не защищены от возгораний. 12 июня 2023 г. в Калининградской области возле поселка Круглово из-за серьезных нарушений эксплуатации объекта произошел серьезный пожар на мусорном полигоне, охвативший 5 тыс. м². В атмосферу попало большое количество оксидов серы, азота, углерода, взвеси сажи и тяжелых металлов. Аналогичный случай произошел 16 июля 2023 г. в Наримановском районе Астраханской области (поселок Трусово). 13 июля 2023 г. произошло возгорание в районе Кунцевского рынка в Москве. Еще один пожар в Москве случился в районе Чертаново на территории мусоросортировочного комплекса, другой – в районе завода «Москвич» и также на свалке. Трижды за 2023 г. происходил пожар на мусорном полигоне во Владивостоке. Статистика свидетельствует о явно недостаточном уровне технологической безопасности данных объектов и о нарушениях природоохранного законодательства.

Перспективы глобального изменения климата выглядят пессимистично и носят пока неуправляемый, непредсказуемый характер. На текущий момент имеются попытки прогноза глобального изменения климата. В частности, можно назвать модель О. Г. Сорохтина, которая позволяет рассчитать вклад каждого из факторов, влияющих на процесс глобального изменения климата, на динамику процесса. Это серьезный шаг вперед на пути анализа и оценки процессов глобального изменения климата. Но следует заметить, что эта модель строится на семи факторах, тогда как реально на процесс глобального изменения климата влияет значительно большее число параметров. Кроме того, рассчитываемый в данной модели суммарный эффект влияния семи основных факторов не является синергетическим и в ней не в полной мере учтена обратная связь.

Следует подчеркнуть, что определение средней температуры Земли и прогнозируемое ее повышение в течение XXI в. сопряжено с большим набором трудностей и существенно зависит от применяемых моделей расчета. В некоторых моделях для объяснения большого разброса полученных результатов предлагается разделить потепление на две составляющие: базовое потепление, обусловленное физикой переноса излучения («парниковый эффект»), и дополнительное потепление, обусловленное климатическими обратными связями [8].

Попытки определения общего влияния солнечной энергии предпринимались давно. В этой связи можно сослаться, например, на книгу российского ученого С.А. Подолинского (1850–1891) [9], в которой автор рассматривал вопросы сбережения солнечной энергии на земной поверхности. Он, в частности, писал: «Для того, чтобы при уменьшающихся источниках солнечной энергии на земной поверхности и в ближайших слоях под ней могло произойти накопление превратимой энергии, необходимо, чтобы происходил на земной поверхности процесс сбережения энергии, процесс, обратный рассеянию...» [9, с. 23]. При желании можно обнаружить некоторую схожесть рассуждений С.А. Подолинского с моделью О.Г. Сорохтина: эти рассуждения связаны с тем, что в них также выделяется семь факторов в определении влияния солнечной энергии на тропосферу: теплота, электричество, свет, магнетизм, химические средства, частичные силы и всемирное тяготение

[9, с. 12]. Но этим сходство и ограничивается, поскольку С.А. Подолинский рассматривал антропогенное влияние, а именно трудовую деятельность человека, на распределение и преобразование солнечной энергии. А это и есть обратная связь, которая в модели О.Г. Сорохтина не учитывается.

В действительности поставленный С.А. Подолинским вопрос о преобразовании и сохранении (накоплении) солнечной энергии – это, по существу, вопрос о предупреждении глобального похолодания или, наоборот, глобального потепления, поскольку речь идет о глобальном регулировании процессов изменения климата на планете. И горизонты решения данного вопроса могут быть самыми разными. Одним из таких горизонтов служит нанохимия и разработка необходимых нанотехнологий. Благодаря им уже сегодня стало возможным сокращение токсичных отходов различных производств, использование экологически безопасных, так называемых «eco-friendly» материалов, преобразование энергии, переработка отходов. Особо стоит отметить возможности химической очистки атмосферного воздуха, почв, промышленных и сточных вод, включающие адсорбционный, биохимический и флотационный методы, мембранное обессоливание, озонирование сточных вод и др.

Эффективность химических методов и способов стабилизации климатического режима неразрывно связана с соблюдением требований экологического законодательства. Однако в Российской Федерации до сих пор не принят Экологический кодекс, который регламентировал бы все стороны проблемы экологической (в том числе и химической) безопасности. Разрозненные экологические нормативно-правовые акты по вполне понятным причинам (отсутствие конкретики, рекомендательный характер, противоречивость формулировок и др.) не могут заменить закона прямого действия. Поэтому некоторые новые и достаточно перспективные методы и способы оздоровления климатической ситуации, как и в целом всей окружающей среды, не сертифицированы, а их применение не регламентировано. Вместо этого в настоящее время для оздоровления окружающей среды используется прежняя политика предоставления хозяйствующим субъектам лимитов на вредные выбросы и сбросы, установление которых допускается только при наличии соответствующих планов снижения выбросов и сбросов, согласованных

с органами государственной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны окружающей среды [10, с. 27].

Представляется, что эта политика уже не в полной мере отвечает современной экологической и климатической ситуации, поскольку на фоне геополитического и макроэкономического кризиса мир переживает еще и глобальный экологический кризис, а его последствия оказываются гораздо более радикальными, чем несколько десятилетий назад [11, 12]. При этом отмечается, что наибольшую угрозу биоразнообразию на планете несет именно глобальное изменение климата [12, с. 18]. Главной его причиной считаются процессы взаимодействия Мирового океана с атмосферой, тогда как влияние человека будто бы не является доминирующей причиной в процессе глобального изменения климата [12, с. 20]. Но если учесть, что антропогенный фактор стал в последние десятилетия главной причиной загрязнения Мирового океана и вызвал соответствующие негативные процессы во взаимодействии между гидросферой и атмосферой, то подобный вывод представляется не совсем корректным. В одном только Тихом океане существует около тысячи мусорных островов. Один из них, так называемый Великий Тихоокеанский мусорный остров – Great Pacific Garbage Patch – протяженностью более чем в 500 морских миль (от Калифорнии через Гавайи и почти до Японии), свидетельствует о критической ситуации в мировом океане, возникшей именно из-за деятельности человека.

Сегодня исследователи всерьез говорят уже даже не о мусорных островах, а о пяти мусорных континентах из них два – в Тихом океане, два – в Атлантическом океане и один – в Индийском океане. Считается, что на текущий момент только для того, чтобы очистить Мировой океан от накопившегося в нем пластика, понадобится 79000 лет [13, с. 68]. Похоже, что точка невозврата (сингулярности) здесь уже пройдена: у человечества нет такого длительного срока. Единственное, на что можно рассчитывать, это на прорывные химические и биологические технологии, способные в максимально сжатые сроки обеспечить максимальный оздоровительный эффект. Но эти технологии пока слабо регламентированы существующей нормативно-законодательной базой.

По большей части нормативно-правовая база в области охраны окружающей среды, в том числе и обеспечения химиче-

ской безопасности, в нашей стране сравнительно старая. В качестве примеров можно сослаться на ФЗ № 89 от 24.06.1998 г. «Об отходах производства и потребления», с момента которого прошла четверть века, или на ФЗ № 174 от 23.11.1995 г. «Об экологической экспертизе» и др. Даже ФЗ № 7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» был принят более двадцати лет назад. Аналогично и ФЗ № 96 от 04.05.1999 г. «Об охране атмосферного воздуха» требует доработки с учетом изменившейся ситуации. Представляется необходимым ужесточение и уголовной ответственности за загрязнение атмосферы, предусмотренной ст. 251 УК РФ.

Естественно, что в силу определенных причин (инфляция, рост масштабов загрязнения, накопительный эффект и др.) предусмотренные в законах санкции уже не отвечают вызовам времени. Например, размер штрафов за негативное воздействие хозяйствующих субъектов на окружающую среду должен быть существенно увеличен. Сегодня, в соответствии с ФЗ № 7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды», он составляет до 6 тыс. руб. для физического лица и до 100 тыс. руб. – для юридического лица. Это ни в коей мере не останавливает растущего масштаба загрязнений и ухудшения экологической, в том числе климатической, ситуации. Распространение несанкционированных мусорных свалок и их самовозгорание стало одной из главных причин массовых пожаров. По данным МЧС, в Российской Федерации ежегодно регистрируется около 150000 пожаров, ущерб от которых оценивается в 20 млрд руб. и в которых гибнет около 10 тыс. чел. Только в 2023 г. от лесных пожаров пострадало 10 млн га. А ведь леса – это «легкие планеты», от их состояния не в последнюю очередь зависит глобальное изменение климата. В год углеродные выбросы от лесных пожаров могут достигнуть 400 млн т. Состав углеродных выбросов включает: углекислый газ (84,6%), угарный газ (8,2%), метан (1,1%), твердые частицы (3,5%) и другое (2,5%). Чем больше в атмосфере CO₂, тем больше увеличивается температура Земли и существенно подвергается риску здоровье человека.

Глобальное изменение климата имеет и свои региональные особенности. Загрязнение одной только атмосферы в Свердловской области остается традиционно очень высоким в Екатеринбурге, Нижнем Тагиле и высоким в Первоуральске, Каменске-

Уральском, Красноуральске [10, с. 38]. В Российской Федерации именно Уральский регион является бесспорным лидером по загрязнению воздуха из стационарных источников. Такие загрязнения составляют более 20% от общего числа загрязнителей атмосферы.

Отдельно стоит отметить такой вид химического загрязнения атмосферы, как аэрозольное загрязнение. По имеющимся данным, полученным например, в результате аэрозольного эксперимента «AeroRadCity» (2018–2020 гг.), была выявлена определенная взаимосвязь такого вида загрязнений с изменением метеорологических условий. Было также установлено, что в период эксперимента доля городской компоненты аэрозольного загрязнения существенно менялась (с 18 до 34%). В рамках эксперимента «AeroRadCity» анализировалось состояние облаков, состав воздуха, его температурные показатели, радиация и другие параметры. В целом оказалось, что аэрозольное загрязнение и климатические изменения взаимосвязаны [14].

Заключение

В мире сегодня больше 90% населения проживает в районах, где уровень загрязнения воздуха превышает значения, установленные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Загрязнение атмосферного воздуха является причиной того, что ежегодно 6,7 млн чел. умирают. Это свидетельство климатического кризиса, т.е. неудовлетворительной и крайне опасной для человека ситуации, сложившейся по целому ряду причин.

Мониторинг состояния атмосферы и климата проводится в мире, несмотря на отдельные недостатки, достаточно системно и регулярно. В нашей стране, в том числе в Уральском регионе, он проводится в соответствии с РД 52.04.667-2005 «Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению, содержанию». Анализ данных состояния атмосферного воздуха Свердловской области в 2014–2023 гг. свидетельствует об устойчивом характере высокой степени его химического загрязнения.

Актуальной является задача достоверного прогноза процесса глобального изменения климата и управления им. Для успешного решения этой проблемы необходимы не только колоссальные финансо-

вые ресурсы, но и формирование экологических: культуры, психологии, мышления, грамотности. Современное общество стоит на пороге экологической парадигмы, смысл которой заключается в том, чтобы не просто охранять природу, которой уже нанесен серьезный ущерб, с которым она самостоятельно не в силах справиться, а рекультивировать и восстановить ее воспроизводственную функцию [15].

1. Для этого необходимо сформировать новое экологическое правосознание и принять Экологический кодекс, Закон об экологической культуре, которые обсуждаются на протяжении десятилетия, но пока так и не приняты. А также модернизировать уже имеющееся экологическое законодательство, которое формировалось на рубеже XX–XXI вв. и уже нуждается в изменении.

2. Необходимо усилить меры гражданской, административной и уголовной ответственности за загрязнение окружающей среды, особенно в плане нарушения ее химической безопасности, в связи с чем пересмотреть принципы организации мониторинга и отдельные нормативы, например, в области предоставления лимитов хозяйствующим субъектам на выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

3. Представляется необходимым сертифицировать и широко распространять современные химические технологии, методики анализа и санации окружающей среды. Особую роль здесь могут сыграть современные нанотехнологии.

4. Важно создать государственную систему мониторинга климатически активных веществ, для чего, в частности, в рамках проекта Министерства экономического развития Российской Федерации планируется: создание физико-математической модели Земли; разработка сценариев декарбонизации экономики; разработка программы борьбы с опустыниванием в тринадцати регионах Российской Федерации; создание системы постоянных наблюдений за состоянием многолетней мерзлоты.

5. Целесообразно разработать специальную методологию научного исследования процессов глобального изменения климата, которая в значительной степени учитывала бы определяющую роль в этих явлениях именно эндогенных факторов.

Список литературы

1. Боровикова К., Бутрин Д. Зеленый евро-план // Коммерсант. 2023. № 37.

2. Пикетти Т. Краткая история равенства. М.: АСТ, 2023. 384 с.
3. Abbass K., Qasim M.Z., Song H., Murshed M., Mahmood H. and Younis I. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. P. 42539–42559. DOI: 10.1007/s11356-022-19718-6.
4. Хокен П., Ловинс Э., Ловинс Х. Естественный капитал. Грядущая промышленная революция. М.: Наука, 2002. 459 с.
5. Городницкий А. Конец мифа о глобальном потеплении. [Электронный ресурс]. URL: <https://regnum.ru/article/2732877> (дата обращения: 12.09.2023).
6. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. М.: Издательство МГУ, 2002. 506 с.
7. Kulkarni S.J. Greenhouse Gases – a Brief Review // *International Journal of Research and Review* 2017. Vol. 4, Is. 3. P. 18–21.
8. Anderson T.R., Hawkins E., Jones P.D. CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models // *Endeavour*. 2016. Vol. 40, Is. 3. P. 178–187. DOI: 10.1016/j.endeavour.2016.07.002/.
9. Подолинский С.А. Труд человека и его отношение к распределению энергии. М.: Ноосфера, 1991. 85 с.
10. Актуальные проблемы национальной безопасности России. Екатеринбург: Издательство Уральской ГСХА, 2010. 248 с.
11. Стожко Д.К. Новая экономическая реальность и современный экологический кризис // *Векторы благополучия: экономика и социум*. 2022. № 3 (46). С. 71–82. DOI: 10.18799/26584956/2022/3/1210.
12. Малинин В.Н. Глобальный экологический кризис и климат // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2017. № 48. С. 11–32.
13. Огарков И.Н., Шведов В.Г. Большое тихоокеанское мусорное пятно // *Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема*. 2017. № 3 (28). С. 67–70.
14. Аэрозольное загрязнение городов и его эффекты на прогноз погоды, региональный климат и геохимические процессы / Под ред. Н.Е. Чубаровой. М.: МАКС-Пресс, 2020. 339 с.
15. Стожко Д.К., Стожко К.П. Экологическая культура современного российского общества: на пороге гносеологической парадигмы // *Гуманитарий: актуальные проблемы гуманитарной науки и образования*. 2021. № 3 (55). С. 298–311. DOI: 10.15507/2078-9823.55.021.202103.298-311.