

Геоэкология

DOI: 10.34828/UdSU.2023.97.61.006

УДК 504.06:338

А.С. Борисов, М.Я. Боровский, Е.М. Нуриева, Е.Е. Андреева

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ И ПОТЕПЛЕНИЕ КЛИМАТА ЗЕМЛИ

Аннотация. Антропогенная нагрузка на атмосферу Земли, особенно парниковых газов, многократно увеличилась со второй половины XX века. Преобладающая гипотеза, объясняющая современное потепление – это антропогенная деятельность. В случае сохранения современной неблагоприятной нагрузки на атмосферу, в соответствии с данной теорией потепления, к концу столетия климат Земли станет жарче на 2,7°C. Основная цель принятого странами Парижского соглашения – достижение углеродной нейтральности к 2050 г. Главный провозглашенный путь ее достижения – переход на безуглеродные источники энергии. В статье рассматриваются, опираясь на данные геохронологии, радиоизотопных исследований, ранее доказанной прецессии оси вращения Земли, альтернативные орбитальные и космогенные теории изменений климата. Делается вывод о многофакторном характере современного потепления.

Ключевые слова: атмосферное загрязнение, потепление климата, углеродная нейтральность, геохронология, космическая пыль.

Для цитирования: Загрязнение атмосферы и потепление климата Земли / А.С. Борисов, М.Я. Боровский, Е.М. Нуриева, Е.Е. Андреева // Управление техносферой: электрон. журнал, 2023. Т.6. Вып. 2. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 194–204. DOI: 10.34828/UdSU.2023.97.61.006.

Актуальность

Проблема загрязнения окружающей среды, составной частью которой является и атмосфера, газообразными продуктами промышленного производства и жизнедеятельности остро встала перед человечеством еще со второй половины XIX века. Ярким примером может служить многократно описанный в литературе лондонский смог. В настоящее время, к сожалению, смог продолжает оставаться серьезной проблемой крупных промышленных городов по всему миру, включая и Россию.

Смог – наиболее осязаемое проявление атмосферного загрязнения. Развитие индустриального производства, химической промышленности, нефте- и газодобычи в XX веке привело к серьезному увеличению содержания в атмосфере углекислого газа, окислов азота, серы, метана, аммиака и других вредоносных веществ. Особенно это характерно для регионов расположения промышленных конгломераций. Технологические и экономические меры, предпринимаемые со второй половины прошлого века в экономически развитых странах, позволяют в определенной мере снижать количество вредоносных веществ в атмосферном воздухе. Всем нам хорошо известны последовательно ужесточаемые экологические нормы Евросоюза, регламентирующие содержание вредных газов в выхлопах автомобильного транспорта – Евро 3, 4, 5, 6.

Нерешенной и наиболее актуальной в современную эпоху является проблема глобального потепления климата, которую большинство исследователей связывает с увеличением содержания в атмосфере парниковых газов, в первую очередь CO_2 . Доля углекислого газа в парниковом эффекте – более 60%. На долю остальных газов – метана, оксидов азота, хлорфторуглеводорода, озона и так далее, приходится не более 40%.

Изменение среднегодовых температур на Земле за последние 50 лет, по данным экспертов ООН, характеризует нижеприведенный рис. 1.

Наиболее значительное повышение среднегодовых температур наблюдалось на нашей планете в этот период в Арктике и районах Крайнего Севера.

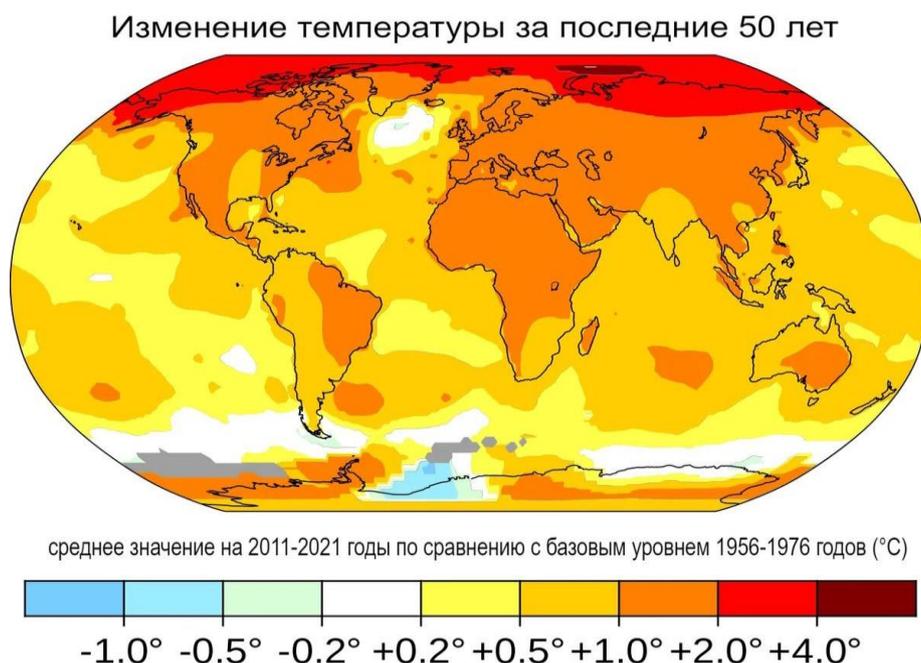


Рис. 1. Изменение среднегодовых температур на Земле за последние 50 лет [1]

По подсчетам ученых в последние годы уровень мировых выбросов парниковых газов в атмосферу, прежде всего углекислого газа, оценивается величиной ~40 млрд. тонн в год. Современный уровень CO_2 в атмосфере является максимальным за последние 800 тыс. лет, и, возможно даже за последние 20 млн. лет. На естественную вулканическую деятельность Земли приходится всего лишь порядка 0,2 – 0,5 млрд. тонн. В XXI веке продолжается негативный тренд роста выбросов примерно на 2 % в год. По расчетам экспертов, согласно антропогенной гипотезы потепления, чтобы не допустить повышения среднегодовой глобальной температуры выше $1,5^\circ\text{C}$ по сравнению с доиндустриальным уровнем, нужно сократить выбросы парниковых газов почти вдвое [2]. Техногенные выбросы парниковых газов огромны, но нельзя исключать при этом такой геологический фактор, как таяние вечной мерзлоты, приводящее к выбросам колоссальных объемов метана в атмосферу.

Преобладающая гипотеза, объясняющая современное потепление – это антропогенная деятельность [3]. В случае сохранения современной

неблагоприятной нагрузки на атмосферу, в соответствие с данной теорией потепления, к концу столетия климат Земли станет жарче на 2,7°C.

Парижское соглашение, принятое в 2015 году большинством государств в соответствие с рамочной конвенцией ООН об изменении климата, предусматривает добровольные меры, принимаемые правительствами стран – подписантов, по снижению содержания углекислого газа в атмосфере, начиная с 2020 года. Основная цель принятого странами Парижского соглашения – достижение углеродной нейтральности к 2050 г. Главный провозглашенный путь ее достижения – переход на безуглеродные источники энергии. Страны – участники соглашения индивидуально определяют свои вклады в достижение декларируемой общей цели.

Национальные интересы социально-экономического развития России – это обеспечение баланса динамичного и инклюзивного экономического роста в стране, улучшения качества жизни населения при ответственном отношении к защите окружающей среды и к проблеме изменения климата. Россия входит в число государств, активно поддерживавших концепцию Парижского соглашения в части принятия добровольных обязательств по сокращению эмиссий парниковых газов в атмосферу. По Парижскому соглашению Россия предполагает достичь к 2030 г. сокращения выбросов парниковых газов до уровня, не превышающего 70 % от выбросов 1990 г. Данная задача представляется вполне решаемой, учитывая, что в 2018 г. уровень эмиссии парниковых газов в России составил 52 % от уровня 1990 года.

Как показывает новейшая история, возможности «зеленой» энергетики в современных экономических условиях оказались значительно переоценены, а сам процесс перехода на безуглеродные источники энергии оказывается намного более длительным и затратным. Полный переход на водородную энергетику и возобновляемые источники энергии представляется практически не достижимым в ближайшем будущем.

Геохронологии и вариации климата Земли

Наряду с антропогенной теорией потепления климата, в научной среде существуют альтернативные гипотезы о преимущественно планетарных и космогенных причинах данного феномена [4-6]. Действительно, человечество в последнее столетие выбрасывает огромное количество парниковых газов в ходе своей жизнедеятельности. В то же время сторонники альтернативных гипотез глобального потепления утверждают, что периоды похолодания и потепления в геологической истории нашей планеты фиксировались неоднократно, причем куда более масштабные. Также в современную эпоху нет четкой корреляции между ростом производства, увеличением числа автомобилей и ростом температуры на планете.

В геохронологии изменения климата Земли зафиксированы [7] в соотношениях содержания изотопов кислорода в ископаемых образцах (рис. 2).

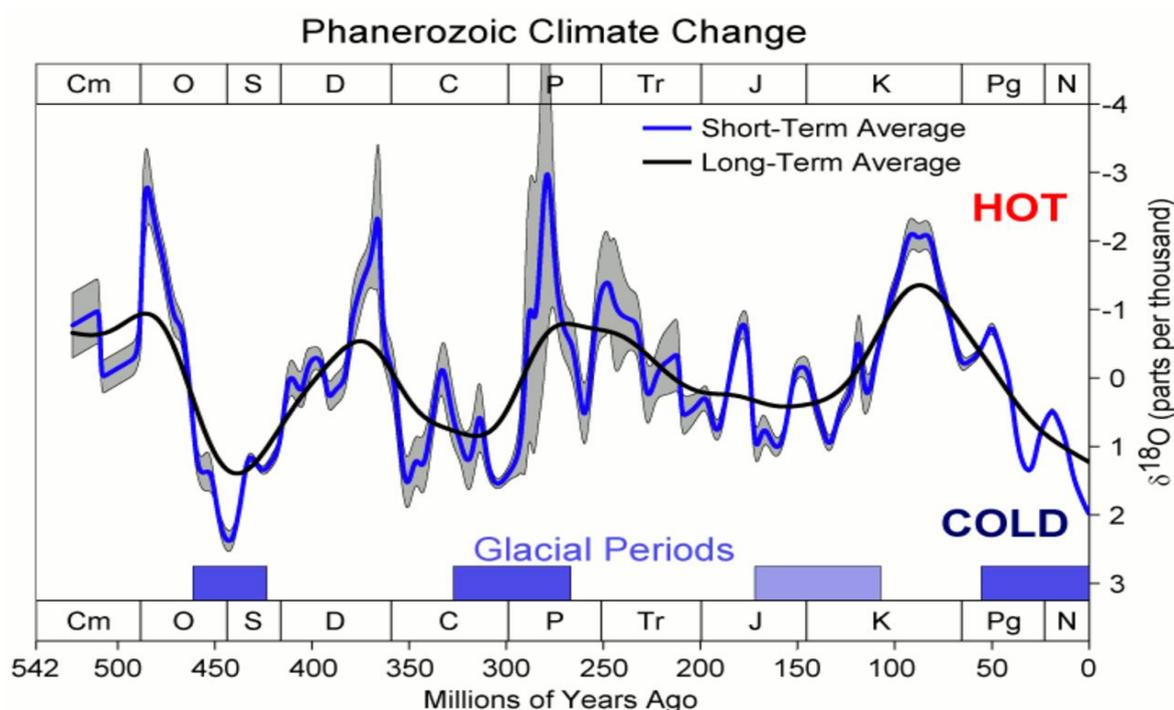


Рис. 2. Соотношение содержания изотопов кислорода в образцах Фанерозоя [7]

Как видно из графика, длиннопериодные (в десятки миллионов лет) температурные климатические «качели» были характерны для всего фанерозоя. Например, 280 млн. лет назад произошло повышение на +4 градуса, сменившееся затем похолоданием. Для сравнения, сейчас нас беспокоит рост температуры на 1,5°C градуса с начала XX века.

Более короткие, тысячелетние периоды изменения климата объясняются сторонниками гипотезы орбитальной нестабильностью вращения Земли [4]. Так период прецессии оси вращения Земли оценивается величиной в 26 тыс. лет – это так называемый «Цикл Миланковича». С циклами Миланковича связаны, предположительно, оледенения на Земле в голоценовую эпоху.

Существует также целый ряд космогенных гипотез земного потепления и похолодания. Согласно одной из таких гипотез, длиннопериодные эпохи потепления и похолодания могли быть вызваны неравномерным распределением пыли в космическом пространстве [7], в скопления которой периодически попадает наша солнечная система. Соответственно, в этом случае изменяются альбедо и климат Земли.

Радиоизотопное, хемотратиграфическое и палеонтологическое изучение опорных геологических разрезов, выполненное на всех континентах в последние десятилетия, позволили детализовать и существенно уточнить климатическую историю Земли, начиная с позднего архея [5]. На протяжении последних 3 млрд. лет геологической истории Земли длительные интервалы теплого климата (теплые климатические моды – *greenhouses*) чередовались с частыми оледенениями – гляциоэрами. Гляциоэры (или ледниковые моды - *icehouses*), в свою очередь, состоят из чередующихся ледниковых периодов, в которых выделяются ледниковые и межледниковые эпохи [8], рис. 3.

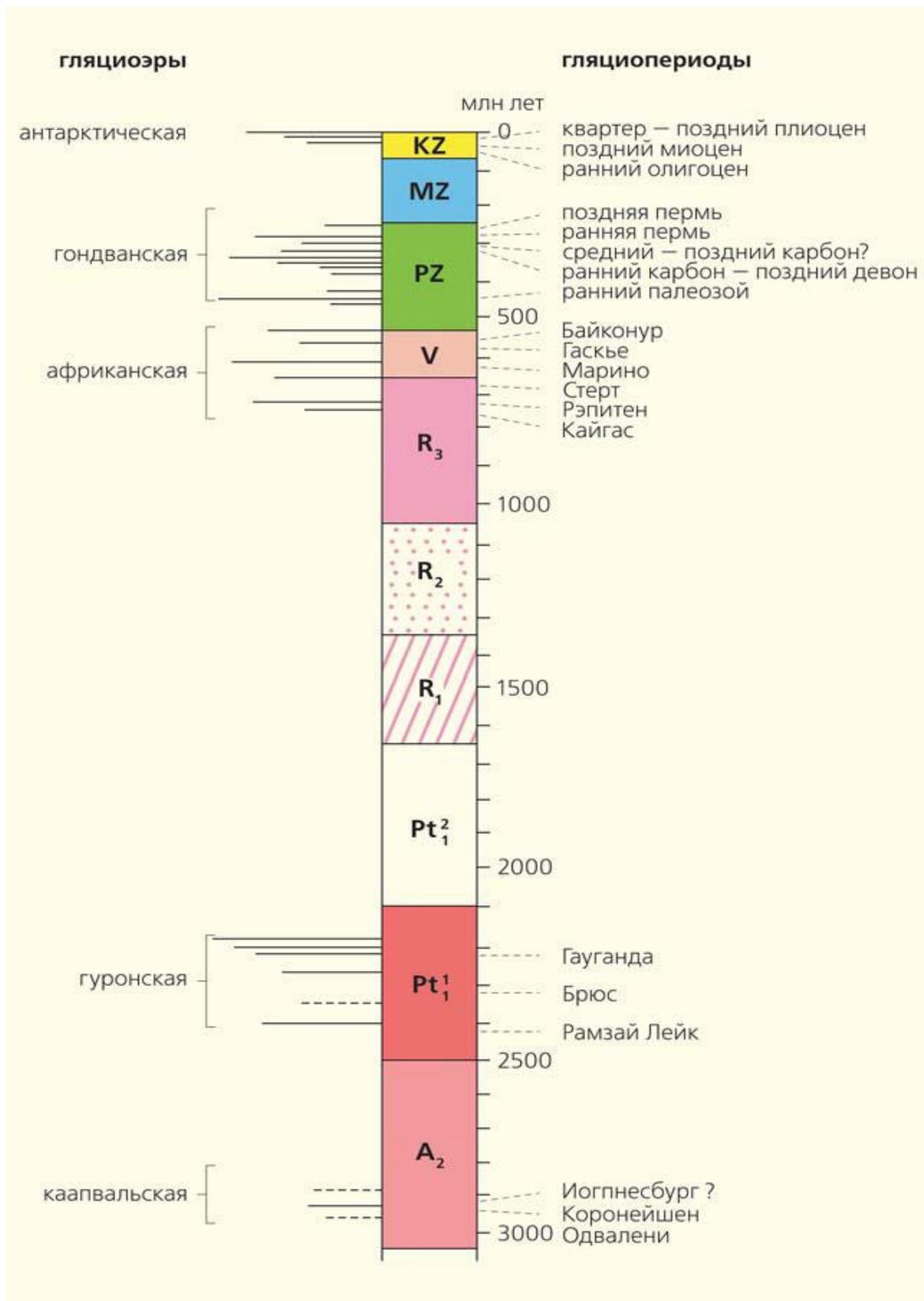


Рис. 3. Гляциоэры и гляциопериоды Земли в интервале поздний архей — наше время [5]

Таким образом, мы можем заключить, что современное потепление – это, вероятнее всего, суперпозиция наступающей теплой климатической моды в геологической истории Земли и возросшей антропогенной нагрузки на ее атмосферу. Роль и соотношение этих двух факторов, на наш взгляд, неоднозначны и требуют дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменение среднегодовых температур на Земле за последние 50 лет URL: <http://commons.wikimedia.org>. (Дата обращения: 05.03.2023).
2. Meinshausen, M. et al. Greenhouse gas emission targets for limiting global warming to 2⁰ C, *Nature* 458, 2009, pp. 1158 –1162.
3. Tsegelskiy V.G. The influence of natural and anthropogenic processes on earth's climate from the perspective of non-equilibrium thermodynamics, *Journal of Advanced Research in Natural Science*, Seattle USA, 2022, Issue 15, pp. 8–28.
4. Добровольский С.Г. Климатические изменения в системе «гидросфера-атмосфера» М.: ГЕОС, 2002. 232 с.
5. Большаков В.А. Новая концепция орбитальной теории палеоклимата. М.: Изд-во МГУ, 2003, 256 с.
6. Чумаков Н. М. Оледенения Земли. История, стратиграфическое значение, роль в биосфере. М., 2015.
7. Frakes L. A., Francis J. E., Syktus J. L. *Climate modes of the Phanerozoic*. Cambridge, 1994.
8. Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И. Влияние космической пыли на климат Земли // ВМУ. Серия 3. Физика. Астрономия. 2009. № 2. С.100 –102.
9. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация земли как фактор температурного воздействия на атмосферу // Нефтяная провинция: электронный журнал. 2022. № 1(29). С. 33-48. URL: <https://vkro-raen.com/> . DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.1.33>

Поступила в редакцию 17.03.2023

Сведения об авторах*Борисов Анатолий Сергеевич*

доктор геолого-минералогических наук, профессор, Казанский федеральный университет; ИПЭН АН РТ, г. Казань, Россия

E-mail: basgeo49@mail.ru*Боровский Михаил Яковлевич*

кандидат геолого-минералогических наук, генеральный директор ООО "Геофизсервис", г. Казань, Россия.

E-mail: micbor1913@mail.ru*Нуриева Евгения Михайловна*

кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: evgeniya-nurieva@yandex.ru*Андреева Евгения Евгеньевна*

старший научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, г. Казань, Россия.

E-mail: aee8277@mail.ru

A.S. Borisov, M.Ya. Borovsky, E.M. Nurieva, E.E. Andreeva

ATMOSPHERIC POLLUTION AND GLOBAL WARMING

Annotation. The anthropogenic load on the Earth's atmosphere, especially greenhouse gases, has increased manifold since the second half of the 20th century. The prevailing hypothesis to explain modern warming is anthropogenic activity. If the current unfavorable load on the atmosphere persists, according to this warming theory, by the end of the century the Earth's climate will become hotter by 2.7°C. The main goal of the Paris Agreement adopted by the countries is to achieve carbon neutrality by 2050. The main proclaimed way to achieve it is the transition to carbon-free energy sources. Based on the data of geochronology, radioisotope studies, previously proven precession of the Earth's rotation axis, alternative orbital and cosmogenic theories of climate change are considered in the article. A conclusion is made about the multifactorial nature of modern warming.

Keywords: atmospheric pollution, climate warming, carbon neutrality, geochronology, space dust.

For citation: Borisov A.S., Borovsky M.Ya., Nurieva E.M., Andreeva E.E. [Atmospheric pollution and global warming]. *Upravlenie tekhnosferoi*, 2023, vol. 6, issue 2. (In Russ.) Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 194–204. DOI: 10.34828/UdSU.2023.97.61.006.

REFERENCES

1. *Izmenenie srednegodovykh temperatur na Zemle za poslednie 50 let* [Change in average annual temperatures on Earth over the past 50 years]. Available at: <http://commons.wikimedia.org>. (accessed: 05.03.2023). (In Russ.).
2. Meinshausen, M. et al. Greenhouse gas emission targets for limiting global warming to 20 C, *Nature* 458, 2009, pp. 1158–1162.
3. Tsegelskiy V.G. The influence of natural and anthropogenic processes on earth's climate from the perspective of non-equilibrium thermodynamics, *Journal of Advanced Research in Natural Science*, Seattle USA, 2022, Issue 15, pp. 8–28.
4. Dobrovolskii S.G. *Klimaticheskie izmeneniya v sisteme «gidrosfera-atmosfera»* [Climatic changes in the "hydrosphere-atmosphere" system]. Moscow: GEOS, 2002, 232 p. (In Russ.).
5. Bol'shakov V.A. *Novaya kontsepsiya orbital'noi teorii paleoklimata* [A new concept of the orbital theory of paleoclimate]. Moscow: Publ., MGU, 2003, 256 p. (In Russ.).
6. Chumakov N. M. *Oledeneniya Zemli. Istoriya, stratigraficheskoe znachenie, rol' v biosfere* [Glaciation of the Earth. History, stratigraphic significance, role in the biosphere]. Moscow, 2015. (In Russ.).
7. Frakes L. A., Francis J. E., Syktus J. L. *Climate modes of the Phanerozoic*. Cambridge, 1994.

8. Ermakov V.I., Okhlopkov V.P., Stozhkov Yu.I. Vliyanie kosmicheskoi pyli na klimat Zemli [Influence of cosmic dust on the Earth's climate]. *VMU. Seriya 3. Fizika. Astronomiya*. [VMU. Series 3. Physics. Astronomy], 2009, no. 2, pp.100–102. (In Russ.).
9. Syvorotkin V.L. Glubinnaya degazatsiya zemli kak faktor temperaturnogo vozdeistviya na atmosferu [Deep degassing of the earth as a factor of temperature impact on the atmosphere]. *Neftyanaya provintsiya: elektronnyi zhurnal* [Oil province: electronic journal], 2022, no. 1(29), pp. 33–48. (In Russ.). Available at: [https:// vkro-raen.com/](https://vkro-raen.com/) DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.1.33>.

Received 17.03.2023

About the Authors

Borisov Anatoly Sergeevich

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Kazan Federal University; IPEN AS RT, Kazan, Russia. E-mail: basgeo49@mail.ru

Borovsky Mikhail Yakovlevich

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Gen. director of "Geophyservice" LLC, Kazan, Russia. E-mail: micbor1913@mail.ru

Nurieva Evgenia Mikhailovna

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, Kazan Federal University, Kazan, Russia. E-mail: evgeniya-nurieva@yandex.ru

Andreeva Evgenia Evgenievna

Senior Researcher, Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia. E-mail: aee8277@mail.ru