

Международный мониторинг многолетней мерзлоты: правовые основы

Яковлева Т. А.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

Аннотация. Международное сообщество взяло на себя ответственность за состояние окружающей среды как среды обитания человека. В международных соглашениях обращается внимание государств на загрязнение и ухудшение качества окружающей среды в результате хозяйственной и иной деятельности человека. Особое внимание уделяется вопросам изменения климата и устойчивого развития, взятые под государственный контроль выбросы в атмосферу парниковых газов. По данным исследований на современном этапе начинаются процессы таяния не только арктических льдов, но и многолетней мерзлоты. Таяние многолетней мерзлоты, с одной стороны, является результатом потепления климата, с другой – приведет к неизбежным процессам выброса в атмосферу парниковых газов и станет источником (причиной) изменения климата. Многолетняя мерзлота охватывает территории северной части Америки, Европы, Азии, острова Северного Ледовитого океана, Антарктиды. В работе обосновывается позиция о необходимости изучения термокарстовых процессов на основе международного сотрудничества, организации международной сети мониторинга за состоянием многолетней мерзлоты. Закрепление принципов организации международного сотрудничества, финансирования и создания сети мониторинга за состоянием многолетней мерзлоты в международных соглашениях станет еще одним шагом в деле обеспечения экологической безопасности нашей планеты. Научные изыскания и воспроизводство научных знаний велись по спектру смежных отраслей международного и экологического права и сфер правового регулирования, а также на пересечении права с областями знаний в области мерзотоведения, геологии, экологии, биологии, охраны окружающей среды.

Ключевые слова: вечная мерзлота, изменение климата, экологическая безопасность, парниковые газы (ПГ), международное сотрудничество, мониторинг вечной мерзлоты, охрана окружающей среды.

International monitoring of permafrost: legal basis

Yakovleva T. A.

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Abstract. The international community has taken upon itself the responsibility for the condition of the environment as a human habitat. International conventions draw attention of governments to the pollution and the deterioration of the environment due to economic and other human activities. Particular attention is paid to issues of climate change and sustainable development, emissions of greenhouse gases into the atmosphere are taken under government control. According to research data, at the present stage there is an onset of a thawing process of not just Arctic ice, but also of permafrost. The thawing of permafrost on one hand is a result of climate warming; on the other hand, it will inevitably lead to emission of greenhouse gases into the atmosphere and become a source (cause) of climate change. Permafrost covers the territories of northern parts of America, Europe, Asia, islands of the Arctic Ocean, and the Antarctica. The paper argues

ЯКОВЛЕВА Татьяна Афанасьевна – кандидат юридических наук, доцент, доцент кафедры «Арктическое право и право стран Азиатско-Тихоокеанского региона», Юридический факультет, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова.

E-mail: tanyakovleva@mail.ru

YAKOVLEVA Tatyana Afanasyevna – Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor, Chair of Arctic Law and Law of the Countries of the Asia-Pacific Region, Faculty of Law, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

for the necessity of research on the thermokarst processes on the basis of international cooperation, the development of an international permafrost monitoring network. Establishing the principles of organization of international cooperation, the funding and the creation of a permafrost monitoring network in international agreements will become another step towards ensuring the environmental security of our planet. Research and reproduction of scientific knowledge were conducted along the spectrum of related fields of international and environmental law and areas of legal regulation, and also at the crossing of law and fields of permafrost studies, geology, ecology, biology, environmental protection.

Keywords: permafrost, climate change, environmental safety, greenhouse gases (GHG), international cooperation, monitoring of permafrost, environmental protection.

Загрязнение и деградация окружающей среды в результате антропогенного воздействия, в частности хозяйственной деятельности человека, становится одной из глобальных проблем. По данным DrengsonAlanR.: «число токсичных химических веществ, используемых в мире, равно 600 тыс., и к ним ежегодно добавляется еще около 3 тыс. Каждый год в атмосферу выбрасывается примерно 145 млн т двуокиси серы, 250 млн т пыли, 70 млн куб. м газа, около 1 млн т соединений свинца, десятки тысяч тонн фтористых и хлористых соединений» [1, 2]. Согласно данным наблюдений Межправительственной группы экспертов по изменению климата, для области 60-90° с.ш. увеличение температуры за последние 20 лет составляет 1.2° C/20 лет [3]. С 1980-х гг. температура в холодное время года на большей части территории Арктического пояса увеличилась примерно на 1° за десятилетие [4].

По мнению некоторых ученых, хозяйственная деятельность человека является причиной потепления климата [5, 6], но и есть противники данной гипотезы [7–9]. Так, В.А. Владимиров, всех специалистов, имеющих отношение к данной проблеме, делит на 4 группы:

- 1) бескомпромиссные сторонники глобального потепления, наибольший вклад в которое вносит хозяйственная деятельность человека;
- 2) признающие факт о глобальном потеплении, но считающие утверждение о его преимущественно антропогенном происхождении трудно доказуемым;
- 3) сомневающиеся в обоснованности установления самого факта глобального потепления;
- 4) сторонники точки зрения, согласно которой в ближайшие десятилетия и далее произойдет похолодание, а не потепление [10].

На современном этапе научные исследования последних десятилетий приводят к мысли о глобальных изменениях климата, не утверждая о его потеплении либо похолодании. Связано ли глобальное изменение климата с деятельностью человека? По мнению А.В. Владимирова и Ю.И. Чуракова, «скорее всего, современное изменение климата является результатом совместного действия природных причин и человека, а вот вопрос о том, как эти причины соотносятся друг с другом и какая из них главнее, является предметом сложных научных исследований» [10]. Изменение климата в ту или другую сторону повлияет на качество жизни человека. Поэтому обеспечение экологической безопасности становится центральным для всего мирового сообщества. Американский эколог Л. Браун отмечает, что 1970-е гг. ознаменовались серией национальных законов, касающихся проблем окружающей среды, а следующие десятилетия вполне могут ознаменоваться сопоставимыми инициативами на международном уровне [2, 11].

По мнению А.В. Кукушкиной, «Включенная вначале в качестве одного из элементов во всеобъемлющую систему международной безопасности, экологическая безопасность постепенно становится одним из самых значимых слагаемых этой системы» [2]. Государства, присоединяясь к международным соглашениям, конвенциям, выражают свое согласие на

обязательность для него договора (Конвенции о праве международных договоров 1969 г.), т.е. принимают на себя обязательства принимать меры по имплементации сформулированных в нем норм во внутреннее законодательство.

Как справедливо отмечено рядом ученых, «в то время как мир продолжает работать над пониманием и прогнозированием последствий изменения климата, Арктика ... является важнейшим компонентом, выступая в качестве региона-показателя» [12]. Последние данные мониторинга состояния окружающей среды, в частности полученные в результате анализа и сравнения космических снимков, показывают начало процесса таяния арктических льдов [4, 13, 14], что может привести к повышению уровня мирового океана, деградации многолетней мерзлоты [15]. По мнению ученых, «одним из важных фрагментов головоломки изменения климата является вечная мерзлота» [12]. Таяние многолетней мерзлоты, с одной стороны является результатом потепления климата, с другой, приведет к неизбежным процессам выброса в атмосферу парниковых газов и станет источником (причиной) изменения климата.

Впервые на международном уровне об охране окружающей среды заговорили на конференции Организации объединенных наций по проблемам охраны окружающей человека среды в Стокгольме в 1972 г., на которой была принята Декларация Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды (Стокгольм, 5-16 июня, 1972 г.). Результатом указанной Декларации стало признание международным правом право человека на благоприятную окружающую среду. В последующем, основные принципы, закрепленные в Декларации 1972 г., дали толчок развитию экологического права на национальном уровне многих государств, в том числе и России. В 1992 г. была принята Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развития (Конференция ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г.). Декларация 1992 г. также послужила основанием для расширения экологических прав человека – право на достоверную информацию о состоянии окружающей среды, возмещение ущерба, причиненного экологическим правонарушением, ответственности государств перед мировым сообществом и др. важных положений законодательства.

На международном уровне изменение климата обсуждалось в 1992 г., в результате которого принята Рамочная конвенция Организации объединенных наций об изменении климата (Нью-Йорк, 9 мая 1992 г.). В Рамочной конвенции ООН об изменении климата принят единый понятийный аппарат, в том числе разъясняется дефиниция «парниковые газы» как газообразные составляющие атмосферы – как природного, так и антропогенного происхождения, – которые поглощают и переизлучают инфракрасное излучение. Далее Рамочная конвенция 1992 г. была дополнена Парижским соглашением в 2015 г. (Итоговый документ 21-й Конференции сторон Рамочной конвенции – ООН об изменении климата (РКОНИК)). Также в продолжение разговора об обеспокоенности мирового сообщества в сохранении экологической безопасности необходимо отметить и Декларацию Генеральной Ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 г. «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года».

В России приняты федеральные законы от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов», от 06.03.2022 г. № 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов в отдельных субъектах Российской Федерации», распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.10.2022 г. № 2979-р утвержден перечень парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов парниковых газов и ведение кадастра парниковых газов» и др. В перечень парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов парниковых

газов и ведение кадастра парниковых газов в России включены 33 наименования парниковых газов, включая 19 гидрофторуглеродородов (ГФУ) и 9 перфторуглеродородов (ПФУ).

Таким образом, международные соглашения играют существенную роль в развитии национального законодательства государств, в частности, источников экологического права. Положительный опыт правового регулирования в области охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности зарубежных стран перенимается и внедряется в национальное законодательство стран. В последнее время вопросы о роли хозяйственной деятельности человека в изменении климата вызывают много споров, ученые многих стран занимаются исследованиями о современном состоянии окружающей среды, сравнениями с данными прошлых десятилетий, выявляют причины, составляют прогнозы на будущее, не оставляют без внимания состояние многолетней мерзлоты – криолитозоны.

Общая площадь криолитозоны на Земле достигает 35 млн м² (не менее 25% площади всей суши земного шара) [16] и охватывает территории северной части Америки, Европы, Азии, острова Северного Ледовитого океана, Антарктиды. Наиболее широко залегает на территории России, Канады и Китая [17, 18]. В России многолетняя мерзлота занимает от 60 до 65% территории и распространена в ее арктической и субарктической зонах [19]. Одной из экологических проблем в результате изменения климата может стать таяние многолетней мерзлоты [15].

Мерзлота, являясь хранилищем законсервированного углерода в обширных мерзлых торфяных болотах на северных территориях Евразии и Северной Америки, при потеплении климата может стать источником возникновения еще большего потепления при высвобождении парниковых газов [15]. Углекислый газ и метан являются одними из наиболее сильных парниковых газов [20, 21]. Результатом протайки многолетней мерзлоты становится образование термокарстовых озер небольшой площадью от 0,05-0,1 га [15]. В Якутии экосистемы с такими малыми озерами называются «аласами», увеличение площади термокарстовых котловин является следствием оттаивания ледового комплекса и приведет к увеличению производства и выброса метана в атмосферу в огромных количествах [22]. Для изучения динамики термокарстовых процессов и дальнейшего мониторинга состояния многолетней мерзлоты необходимо составление геокриологических карт, картографирование распространения озер в зоне вечной мерзлоты [23] и др.

В современной научной литературе общеприняты следующие термины: «криолитозона» и «многолетняя мерзлота» (в мерзловедении), «многолетние мерзлые породы» (в геологии), «многолетние мерзлые почвы» (в почвоведении), «многолетние мерзлые грунты» (в градостроительстве) и раскрываются как часть литосферы, характеризующаяся отсутствием периодического протаивания, наличием промерзших пород. В некоторых работах встречается использование термина «вечная мерзлота» [12], что, на наш взгляд, является неудачным и не соответствующим современным научным подходам.

Началом изучения многолетней мерзлоты в России считается организация в Якутске научно-исследовательской мерзлотной станции Института мерзловедения Академии наук СССР в 1941 г. Большой вклад в изучение состояния мерзлоты вносится учеными Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской Академии наук, Северо-Восточным федеральным университетом и другими научными и образовательными учреждениями России.

В настоящее время в России предпринимаются первые шаги правового регулирования в области мониторинга состояния многолетней мерзлоты на государственном уровне. Так, Федеральным законом от 10.07.2023 г. № 297-ФЗ внесены дополнения в понятийный аппарат Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»,

на гидрометеорологические службы России возложено осуществление государственного фоновой мониторинга состояния многолетней (вечной) мерзлоты. Понятийный аппарат экологического права дополнен законодательными дефинициями «грунт», «вечномерзлый грунт», «состояние многолетней (вечной) мерзлоты», «деградация вечномерзлого грунта», «государственный фоновый мониторинг состояния многолетней (вечной) мерзлоты», т.е. многолетняя мерзлота рассматривается как вечномерзлый грунт – грунт (поверхностный слой земли, состоящий из минеральных и (или) органических веществ), находящийся в криогенном (мерзлотном) состоянии более трех лет. Таким образом, законодатель учитывает один аспект многолетней мерзлоты – грунт как основу (фундамента) для ведения хозяйственной деятельности человека. На наш взгляд, мониторинг состояния многолетней мерзлоты должен охватывать все процессы, происходящие в криолитозоне: физическое и химическое состояние мерзлоты, ее влияние на компоненты природной среды, существующие мерзлотные экосистемы, окружающую среду. Такие сведения позволят выявить и спрогнозировать, с одной стороны, влияние антропогенной деятельности на состояние многолетней мерзлоты, с другой – какие последствия ожидать человеку при ее таянии.

Как справедливо отмечено А.В. Кукушкиной, «Включенная вначале в качестве одного из элементов во всеобъемлющую систему международной безопасности, экологическая безопасность постепенно становится одним из самых значимых слагаемых этой системы» [2]. Именно научное сотрудничество – это востребованный нарратив и тематика, однако в реальности оно сопряжено с множеством проблем и контрпродуктивных трудностей [12]. И одной из больших трудностей ученые считают «отсутствие совместных исследований, особенно исследование данных», что «значительно снижает эффективность понимания вечной мерзлоты в целом». В то время как для одной страны невозможно эффективно проводить различные моделирования и исследования, необходимые для всестороннего понимания воздействия на вечную мерзлоту, мировое сообщество – это может сделать [12]. В своей работе Т. Буффар, Е. Урюпова, К. Доддс, В.Е. Романовский, А. Беннетт, Д. Стреллецкий предлагают концепцию работы глобальной системы мониторинга вечной мерзлоты в режиме реального времени [12]. Для создания такой системы необходимы правовые основы.

Принятие универсальной конвенции о мониторинге состояния многолетней мерзлоты стало бы одним из дополнительных шагов мирового сообщества в деле обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития. В таком документе необходимо закрепить базовые принципы международного сотрудничества государств, единый понятийный аппарат, механизмы международного научного сотрудничества и обмена сведениями, финансирования исследовательской деятельности и организации международной сети мониторинга за состоянием многолетней мерзлоты.

На наш взгляд, данный мониторинг должен быть основан на принципах:

- обязанности государств осуществлять политическую и экономическую деятельность таким образом, чтобы обеспечить сохранение и поддержание адекватного состояния многолетней мерзлоты;
- ведения хозяйственной и иной деятельности так, чтобы принимать предупредительные меры в целях прогнозирования, предотвращения или сведения к минимуму причин таяния многолетней мерзлоты и смягчения его отрицательных последствий на окружающую среду;
- научного и научно-технического сотрудничества в целях содействия работы международной сети мониторинга состояния многолетней мерзлоты и научных исследований;
- обоснованности выбора методов и подходов наблюдения за состоянием многолетней мерзлоты, свободного обмена данными о ее состоянии и изменениях.

Международная сеть мониторинга должна быть подконтрольна международным межправительственным организациям, исследованием процессов, протекающих в криолитозоне, должны заниматься научные организации. В такие исследования должны привлекаться специалисты различных областей науки: мерзловедения, геологии, геокриологии, гидрологии, геогидрологии, геофизики, экологии, биологии, ботаники, лесоведения, зоологии, физиологии растений и животных, картографии, геоинформационных систем (ГИС-специалисты) и др.

Литература

1. Drenghson Alan R. (ed.) Beyond Environmental Crisis: From Technocrat to Planetary Person. PeterLang, 1989. 259 p.
2. Кукушкина, А.В. международно-правовые аспекты экологической безопасности на современном этапе / А.В. Кукушкина // Вестник Томского государственного университета. – 2020. – № 450. – С. 218–225. DOI: 10.17223/15617793/450/26
3. Йоханнессен, О.М. Изменчивость климата Арктики в контексте глобальных изменений / О.М. Йоханнессен, Л.П. Бобылев, С.И. Кузьмина, Е.В. Шалина, В.С. Хворостовский // Вычислительные технологии. – 2005. № S2 (10). – С. 56–62.
4. Зеленина, Л.И. Арктические льды: прогноз и адаптация / Л.И. Зеленина, С.И. Федькушова // Инноватика. – 2014. – № 2 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arkticheskie-ldy-prognoz-i-adaptatsiya>
5. Логинов, В. Глобальные и региональные изменения климата и их доказательная база / В. Логинов // Наука и инновации. – 2011. – № 4 (98). – С. 5–9.
6. Бондаренко Л.В., Маслова О.В., Белкина А. В., Сухарева К.В. Глобальное изменение климата и его последствия // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. – 2018. – № 2 (98). – С. 84–93. DOI: 10.21686/2413-2829-2018-2-84-93
7. Landscheidt T. New Little Ice Age Instead of Global Warming? – Energy and Environment, 2003, 14. Pp. 327–350.
8. Berry B.L. Regularities of natural cycles, predictions of climate and surface conditions. Hydrol. Process, 1998, 2. Pp. 2267–2278.
9. Berry B.L. Solar system oscillations and models of natural processes. Journal of Geodynamics, 2006, 41. Pp. 133–139
10. Владимиров, В.А. Проблема глобального потепления как природная опасность / В.А. Владимиров, Ю.И. Чураков // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – № 2 (4). – С. 506–519.
11. Lester R. Braun. State of the World 1990. N.Y., 1989
12. Буффар, Т., Научное сотрудничество: мониторинг вечной мерзлоты циркумполярной зоны и обмен данными / Т. Буффар, Е. Урюпова, К. Доддс, В.Е. Романовский, А. Беннетт, Д. Стрелецкий // Арктика и Север. – 2021. – № 45. – С. 184–208. doi: 10.37482/issn2221-2698.2021.45.184.
13. Belchansky G.I., Douglas D.C., Eremeev V.A. Platonov N.G. Variations in the Arctic's multiyear sea ice cover: A neural network analysis of SMMR-SSM/I data // Geophys. Res. Lett. 2005. Vol. 32. L090605, doi: 10.1029/2005GL022395.
14. Александров, В.Ю. Верификация оценок площади многолетних льдов в Арктике, получаемых по данным спутниковых микроволновых радиометров / В.Ю. Александров, Е.В. Шалина, О.И. Бабина и др. // Вестник СПбГУ. Серия 4. Физика. Химия. – 2008. – № 4. – С. 54–60.
15. Полищук, Ю.М. Зоны активного термокарста на территории многолетней мерзлоты и их выявление по космическим снимкам / Ю.М. Полищук, А.Н. Богданов // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – № 12. – С. 104–114.
16. Конищев, В.Н. Криосфера в истории Земли / В.Н. Конищев // Криосфера земли. – 1997. – Т. 1. – № 1. – С. 14–20.
17. Конищев, В.Н. Палеотемпературные условия формирования и деформации ледовых комплексов слоев / В.Н. Конищев // Криосфера Земли. – 2002. – Т. VI. – № 1. – С. 17–24.
18. Геворкян, С.Г. Мерзловедение Китая в начале XXI века (обзор) / С.Г. Геворкян // Электронное научное издание Альманах Пространство и время. – 2016. – Т. 11. Вып. 1. – С. 11–43.

19. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / ред. С.М. Семенов. – М.: ФГБУНИЦ «Планета», 2012. 512 с.
20. Methane dynamic in different boreal lake types / S. juutinen, M. Rantakari, P. Kortelainen, J.T.Huttunen, T. Larmola, J. Alm, J. Sivola, P.J. Martikainen // Biogeosciences. 2009. № 6. P. 209-223.
21. Walter K.M., Smith L.C., Chapin F.S. Methane bubbling from northern lakes: present and future contributions to the global methane budget // Phil. Trans. R. Soc. 2007. V. 365. P. 1657-1676.
22. Десяткин, А. Р. Эмиссия CH_4 при увеличении термокарстового озера в Центральной Якутии / А.Р. Десяткин, П.П. Федоров, А.Н. Николаев, Б.З. Борисов, Р.В. Десяткин // Вестник Северо-Восточного федерального университета. – 2016. – № 2 (52). – С. 5–13.
23. Кравцова, В. И. Распределение термокарстовых озер в России в пределах зоны современной мерзлоты / В.И. Кравцова // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2009. – № 5. – С. 33–42.

Referenes

1. Drengson Alan R. (ed.). Beyond Environmental Crisis: From Technocrat to Planetary Person. Peter Lang. 1989. 259 p.
2. Kukushkina A.V. Mezhdunarodno-pravovye aspekty jekologicheskoy bezopasnosti na sovremennom jetape // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2020. № 450. S. 218–225. DOI: 10.17223/15617793/450/26
3. Johannessen O.M., Bobylev L.P., Kuz'mina S.I., Shalina E.V., Hvorostovskij V.S. Izmenchivost' klimata Arktiki v kontekste global'nyh izmenenij // Vychislitel'nye tehnologii, 2005. № S2 (10). С. 56-62.
4. Zelenina L.I., Fed'kushova S.I. Arkticheskie polja: prognoz I adaptacija //Innovatika. Nauchnyj elektronnyj zhurnal. 2014. № 2.
5. Loginov V. Global'nye I regional'nye izmenenija klimata i ih dokazatel'naja baza // Nauka i innovacii. 2011. № 4 (98). С. 5-9.
6. Bondarenko L.V., Maslova O.V., Belkina A. V., Suhareva K.V. Global'noe izmenenie klimata i ego posledstvija // Vestnik Rossijskogo jekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plehanova. 2018. № 2 (98). S. 84-93. DOI: 10.21686/2413-2829-2018-2-84-93
7. Landscheidt T. New Little Ice Age Instead of Global Warming? – Energy and Environment, 2003, 14. Pp. 327-350.
8. Berry B.L. Regularities of natural cycles, predictions of climate and surface conditions. Hydrol. Process, 1998, 2. Pp. 2267-2278.
9. Berry B.L. Solar system oscillations and models of natural processes. Journal of Geodynamics, 2006, 41. Pp.133-139
10. Vladimirov V.A., Churakov Ju.I. Problema global'nogo poteplenija kak prirodnaia opasnost' // Strategija grazhdanskoj zashhity: problem I issledovanija. 2014. № 2 (4). S. 506-519.
11. Lester R. Braun. State of the World 1990. N.Y., 1989
12. Buffar T., Urjupova E., Dodds K., Romanovskij V.E., Bennett A., Streleckij D. Nauchnoe sotrudnichestvo: monitoring vechnoj merzloty cirkumpoljarnoj zony I obmen dannymi // Arktikai Sever. 2021. № 45. S. 184-208. doi: 10.37482/issn2221-2698.2021.45.184.
13. Belchansky G.I., Douglas D.C., Ereemeev V.A. Platonov N.G. Variations in the Arctic's multiyear sea ice cover: A neural network analysis of SMMR-SSM/1data // Geophys. Res. Lett. 2005. Vol. 32. L090605, doi: 10.1029/2005GL022395.
14. Aleksandrov V.Ju., Shalina E.V., Babina O.I. i dr. Verifikacija ocenok ploshhadi mnogoletnih l'dov v Arktike, poluchaemyh po dannym sputnikovyh mikrovolnovyh radiometrov // VestnikSPbGU. Serija 4. Fizika. Himija. 2008. № 4. S. 54-60.
15. Polishhuk Ju.M., Bogdanov A.N. Zony aktivnogo termokarsta na territorii mnogoletnej merzloty i ih vyjavlenie po kosmicheskim snimkam // IzvestijaTomskogo politehnicheskogo universiteta. 2015. № 12. S. 104-114.
16. Konishhev V.N. Kriosfera v istorii Zemli // Kriosferazemli. 1997. T.1. № 1. S. 14-20.
17. Konishhev V.N. paleotemperaturnye uslovija formirovanija i deformacii ledovyh kompleksnyh sloev // KriosferaZemli. 2002. T. VI. № 1. R. 17-24.
18. Gevorkjan S.G. Merzlotovedenie Kitaja v nachale XXI veka (obzor) // Jelektronnoe nauchnoe izdanie Al'manah Prostranstvo i vremja. 2016. T. 11. Vyp. 1. S. 11-43.

19. Metody ocenki posledstvij izmenenija klimata dlja fizicheskikh i biologicheskikh sistem / red. S.M. Semenov. M.: FGBU NIC «Planeta», 2012. 512 s.
20. Methane dynamic in different boreal lake types / S. juutinen, M. Rantakari, P. Kortelainen, J.T.Huttunen, T. Larmola, J. Alm, J. Sivola, P.J. Martikainen // Biogeosciences. 2009. № 6. P. 209-223.
21. Walter K.M., Smith L.C., Chapin F.S. Methane bubbling from northern lakes: present and future contributions to the global methane budget // Phil. Trans. R. Soc. 2007. V. 365. P. 1657-1676.
22. Desjatkin A.R., Fedorov P.P., Nikolaev A.N., Borisov B.Z., Desjatkin R.V. Jemissija CH₄ priuvelichenii termokarstovogo ozera v Central'noj Jakutii // VestnikSevero-Vostochnogo federal'nogo universiteta. 2016. № 2 (52). S. 5-13.
23. Kravcova V.I. Raspredelenie termokarstovyh ozer v Rossii v predelah zony sovremennoj merzloty // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5. Geografija. Serija 5. Geografija. 2009. № 5. S. 33-42.