

UDC 502.333:504.38

DOI: 10.24412/2658-4255-2021-1-05-22

**Citing:**

Khvostova M. Influence of dangerous natural processes and phenomena on the safety of economic activity in the Arctic zone of the Russian Federation. Russian Arctic. 2021; № 12: p.p 5-22. (In Russ.). DOI: 10.24412/2658-4255-2021-1-05-22.

Received: 11.12.2020

Approved: 13.01.2021

Published: 24.01.2021



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

## ВЛИЯНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ

М.С. Хвостова<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия; marinakhvostova@list.ru

**Аннотация:** В статье изложены современное положение и перспективы развития хозяйственной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации, а также риски, связанные с глобальными климатическими изменениями. На основе анализа новейших исследований российских и зарубежных ученых рассмотрены происходящие и прогнозируемые опасные природные процессы и явления Арктической зоны Российской Федерации, такие как геоморфологические, биологические, гидрологические, сейсмические и другие. Климатические условия Арктики, их изменения следует рассматривать не только как источник

участившихся опасных природных явлений, а как отражение негативных изменений в окружающей среде, наносящих ущерб условиям проживания населения, его здоровью, работе предприятий, транспорта, социальной инфраструктуре.

**Ключевые слова:** Арктическая зона Российской Федерации, опасные природные процессы и явления, чрезвычайные ситуации, глобальное потепление

## INFLUENCE OF DANGEROUS NATURAL PROCESSES AND PHENOMENA ON THE SAFETY OF ECONOMIC ACTIVITY IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

M.S. Khvostova<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia; marinakhvostova@list.ru

**Abstract:** The article describes the current situation and prospects for the development of economic activity in the Arctic zone of the Russian Federation, as well as the risks associated with global climate change. Based on the analysis of the latest research by Russian and foreign scientists, the current and predicted dangerous natural processes and phenomena of the Arctic zone of the Russian Federation, such as geomorphological, biological, hydrological, seismic and others, are considered. Climate conditions in the Arctic and their changes should be considered not only as a source of frequent natural hazards, but also as a reflection of negative changes in the environment that damage the living conditions of the population, their health, the work of enterprises, transport, and social infrastructure.

**Keywords:** Arctic zone of the Russian Federation, dangerous natural processes and phenomena, emergencies, global warming

### Введение Современное положение и перспективы развития хозяйственной деятельности в Арктической зоне РФ

Несмотря на суровые природно-климатические условия Арктики, человек давно заселил ее территории и продолжает их освоение. Хозяйственная дея-

тельность в российской Арктике связана, прежде всего, с поисками месторождений нефти и газа и дальнейшей их эксплуатацией, ведь по оценкам специалистов, около 20% мировых запасов газа и нефти приходится на Арктический шельф [1].

Другим направлением хозяйственной деятельности в Арктике является

возрождение Северного морского пути (СМП). СМП имеет высокое транзитное значение как маршрут, связывающий западные и восточные регионы РФ. Кроме того, для России очень выгоден и ожидаемый рост международных транзитных перевозок в рамках создания единой транспортной системы сообщений между Западной Европой и странами Азиатско-Тихоокеанского региона, а также Северо-Тихоокеанским побережьем США и Канады [2-4].

Важно отметить, что в Арктической зоне РФ (АЗРФ) располагаются ядерные и радиационно опасные объекты [5]. К ним относятся прежде всего объекты стратегических сил сдерживания в целях недопущения агрессии против Российской Федерации и ее союзников. Также на базе ФГУП «Атомфлот» (г. Мурманск) действует единый ледокольно-технологический комплекс гражданского атомного флота Российской Федерации. В настоящее время в состав действующего флота входят: два атомных ледокола с двухреакторной ядерной энергетической установкой - атомоходы «Ямал», «50 лет Победы»; два ледокола – «Таймыр» и «Вайгач» – с однореакторной установкой; атомный лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть». В состав флота атомного технологического обслуживания входят две плавучие технические базы – «Имандра» и «Лотта», спецтанкер «Серебрянка» для жидких радиоактивных отходов (РАО), многофункциональный контейнеровоз «Россита». С 1989 г. по настоящее время выведены из эксплуатации 5 атомных ледоколов. Построены и будут введены в эксплуатацию 2 новых универсальных атомных ледокола проекта 22220 (ЛК-60Я) типа «Арктика». В соответствии со «Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (далее – Стратегия) планируется строительство не менее пяти универсальных атомных ледоколов проекта 22220 (ЛК-60Я) типа «Арктика» и трех атомных ледоколов проекта «Лидер» [6].

В Мурманской и Архангельской областях расположены судоремонтные и судостроительные заводы как гражданского, так и военного профиля. К ним относятся – АО «ЦС «Звездочка», ОАО «ПО «Севмаш», судоремонтный завод «Нерпа», 35-й судоремонтный завод и др. (рис.1). Важнейшими задачами этих предприятий являются поддержание технической готовности атомных подводных сил России, работы по ремонту, модернизации и утилизации атомных подводных лодок (АПЛ).

Многолетняя деятельность в Арктике военного и гражданского атомного флота не могла не привести к образованию большого количества РАО, которые во второй половине 20-го века не смогли утилизировать безопасным способом, а захоранивали в морях Северного Ледовитого океана. В 1959-1992 гг. в Арктике (в Баренцевом и Карском морях) происходило затопление жидких и твердых радиоактивных отходов, образующихся при эксплуатации АПЛ и атомных ледоколов. Затопление проводилось в специально выбранных районах моря вне зон интенсивного судоходства и рыболовного промысла [8].

По опубликованным к настоящему времени данным на дне морей Западной Арктики находятся 3 АПЛ, 5 реакторных отсеков с корабельными и судовыми ядерными энергетическими установками, 19 судов, в том числе баржа с реактором, выгруженным из АПЛ, 735 радиоактивных конструкций и блоков, затопленных без герметичной упаковки, а также свыше 17 тыс. контейнеров с РАО [9, 10]. Несовершенство технологий по обращению с РАО, ошибочное убеждение в безопасности захоронения РАО в морях привели к тому, что часть РАО, особенно на ранних стадиях этих операций, захоранивалась в морях без уточнения их радионуклидного состава и активности.

Затонувшие и затопленные объекты, содержащие отработавшее ядерное топливо и РАО в настоящее время не представляют реальной радиозэкологической опасности для населения и природной

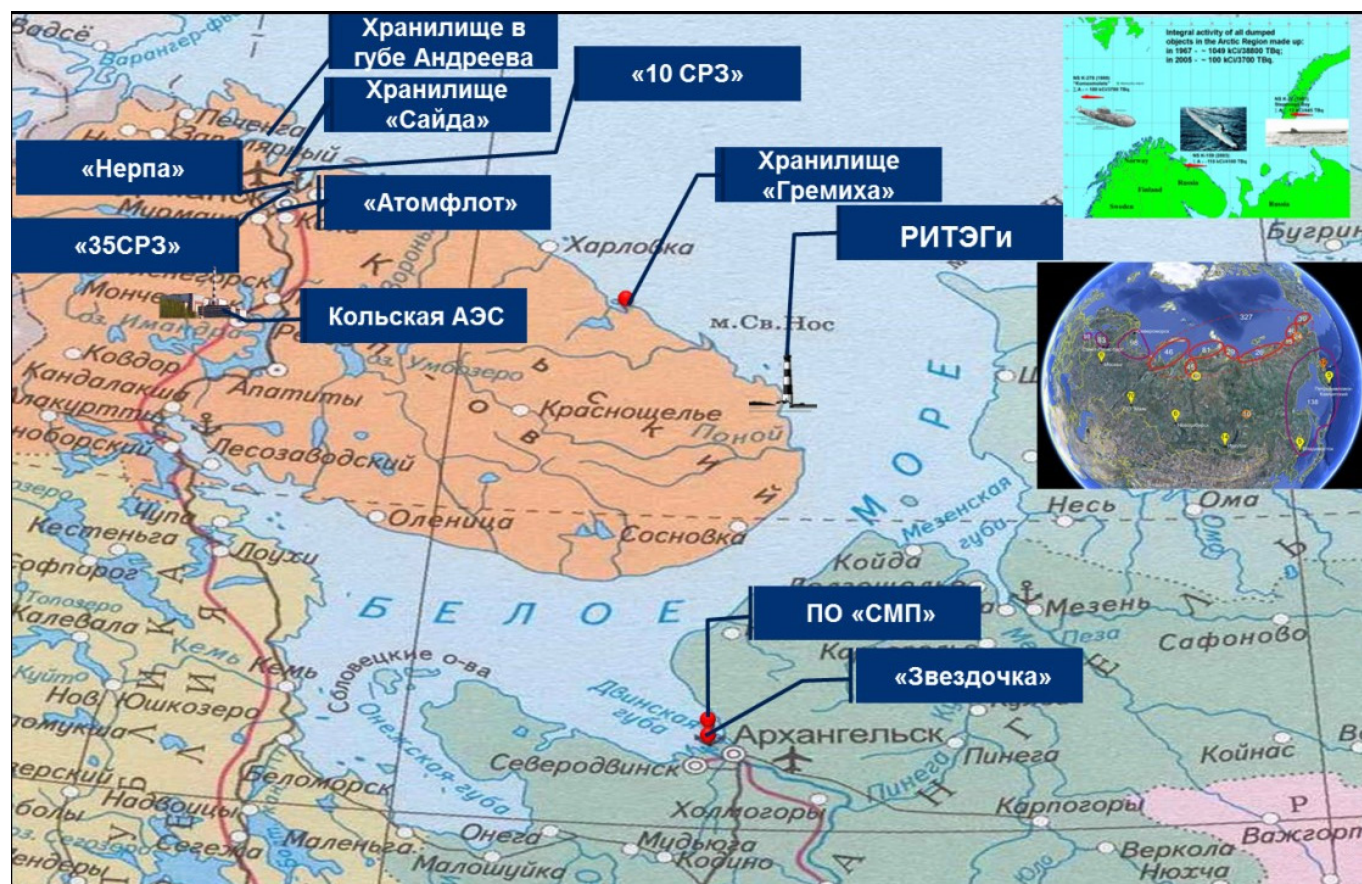


Рисунок 1 – Радиационно опасные объекты Мурманской и Архангельской областей [7].

среды, но их следует отнести к источникам потенциальной опасности, масштабы и последствия которой будут зависеть от состояния защитных барьеров, внешних воздействий (в том числе природного характера) и механизмов миграции радиоактивных веществ в морских экосистемах.

Сегодня в АЗРФ работает Северо-Западный центр по обращению с радиоактивными отходами «СевРАО», который представлен тремя отделениями. Отделение Гремиха (Мурманская область, ЗАТО г. Островной) – создано в целях обеспечения эксплуатации АПЛ, дислоцированных в пункте Гремиха, проведения их доковых осмотров и ремонтов, хранения отработавшего ядерного топлива АПЛ после перегрузки, хранения РАО. Отделение губа Андреева (Мурманская область, ЗАТО г. Заозерск) – хранилище отработавшего ядерного топлива и центр по обращению с РАО. Отделение Сайда-Губа (Мурманская область, ЗАТО г. Александровск) – пункт длительного хранения реакторных отсеков.

Кроме того, в АЗРФ функционируют атомные электрические станции (АЭС).

В г. Полярные Зори Мурманской области с 1973 г. эксплуатируется Кольская АЭС, имеющая 4 энергоблока с водо-водяными реакторами под давлением (ВВЭР-440). Вблизи г. Билибино (Чукотский АО) в зоне вечной мерзлоты в 1974 г. была построена Билибинская атомная теплоэлектроцентраль (АТЭЦ). На станции работают 3 блока ЭГП-6 (графитовые каналные реакторы раннего периода), еще один блок – в процессе вывода из эксплуатации.

В декабре 2019 г. в г. Певек (Чукотский АО) первую электроэнергию в сеть выдала плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) на базе плавучего энергоблока «Академик Ломоносов» (ПЭБ). ПЭБ представляет собой новый класс энергоисточников на базе российских технологий атомного судостроения. ПЭБ «Академик Ломоносов», предлагаемый для энергообеспечения крупных промышленных предприятий, портовых городов, комплексов по добыче и переработке нефти и газа на шельфе морей, создается на основе серийной энергетической установки атомных ледоколов. Он оснащен двумя реакторными

установками КЛТ-40С. Вместе они способны обеспечивать в номинальном режиме выдачу в береговые сети 70 МВт электроэнергии и до 50 Гкал/ч тепловой энергии для нагрева теплофикационной воды [11]. ПАТЭС в г. Певек пока является единственным подобным объектом в мире, но, учитывая перспективы развития АЗРФ и преимущества ПАТЭС перед другими источниками тепла и энергии, возможно тиражирование этого проекта.

В АЗРФ в настоящее время проживает 19 коренных малочисленных народов, располагаются объекты их историко-культурного наследия, имеющие историческую и культурную ценность общемирового значения. Планируется, что близкое знакомство с культурой и образом жизни этих народов станет возможным с развитием круизного арктического туризма и туристско-рекреационных кластеров на территориях г. Кировска, Печенгского, Терского, Таймырского Долгано-Ненецкого муниципальных районов, г. Норильска, г. Дудинки, г. Анадыря, г. Певека и др. [6].

Также в соответствии со Стратегией в Арктической зоне РФ планируется модернизация рыбоперерабатывающих комплексов, предприятий рыбоводных и тепличных хозяйств, животноводческих комплексов, строительство рыболовцев судов. Предполагается и комплексное развитие инфраструктуры морских портов и морских судоходных путей в акваториях СМП, Баренцева, Белого и Печорского морей, расширение возможностей судоходства по Беломоро-Балтийскому каналу, бассейнам рек Онега, Северная Двина, Мезень, Печора, Обь, Енисей, Лена, Колыма и других рек АЗРФ, включая проведение дноуглубительных работ, обустройство портов и портопунктов.

Цель работы – выявить и проанализировать опасные природные процессы и явления, вызванные глобальными климатическими изменениями и ограничивающие развитие хозяйственной деятельности в АЗРФ. Задачами данного исследования являются: анализ геомор-

фологических процессов, рассмотрение биологических чрезвычайных ситуаций, гидрологических опасностей, сейсмической активности региона, представление данных о природных (ландшафтных) пожарах в арктической тундре, разработка рекомендаций, связанных с защитой территорий и населения АЗРФ от природных опасностей.

### **Основная часть**

#### **Актуальность оценки опасных природных явлений в Арктической зоне РФ**

Таким образом, Арктический регион РФ насыщен производственными, энергетическими, военными и другими объектами экономики. При населении 1,7% от численности населения Российской Федерации российская Арктика производит 12% валового внутреннего продукта страны [12]. Уже сейчас данный регион испытывает значительную экологическую нагрузку, а учитывая планы по развитию этой территории, нагрузка будет только увеличиваться, а риски, связанные с ней, будут возрастать. И дело здесь не только в выбросах и сбросах загрязняющих веществ, размещении отходов, техногенных авариях и катастрофах и других негативных воздействиях на окружающую среду. Природно-климатические условия Арктики и глобальные экологические изменения неизбежно приведут к тому, что наибольшую угрозу для хозяйственной деятельности в этом регионе, а также для безопасности объектов экономики, в том числе радиационных, будут представлять опасные природные процессы и вызванные ими природные чрезвычайные ситуации.

В последнее время в научной и специализированной литературе, посвященной исследованию и развитию Арктики, большое внимание уделяют чрезвычайным ситуациям техногенного характера и экологической безопасности опасных промышленных объектов, которые в случае аварийной ситуации могут нанести ущерб окружающей среде [13-15]. Но учитывая суровые климатические условия Арктики, глобальные климатические

изменения, а также планы по развитию арктических проектов, на наш взгляд, все большую значимость и опасность будут представлять чрезвычайные ситуации природного характера.

Основными источниками чрезвычайных ситуаций природного характера могут быть: деградация многолетней (вечной) мерзлоты, обвалы, оползни; снежные лавины; наводнения (весна, осень), ледяные заторы, подвижка льдов; ландшафтные пожары (тундра, мелколесье); снежные бури, штормы; сильные ветры (ураганы), гололед и гололедица и др. Эти явления, способные повлиять на безопасность объектов экономики, могут привести к развитию аварийной ситуации, и как следствие – техногенной чрезвычайной ситуации и ухудшению экологической обстановки. Поэтому важно не только выявить природные опасности, но и смоделировать возможные процессы, просчитать риски природных чрезвычайных ситуаций, разработать мероприятия по минимизации и устранению их последствий. Автором даются следующие определения природной опасности и природного риска. Природная опасность – это процесс или явление природы, в определенных условиях представляющее угрозу для жизни, здоровья и благосостояния людей. Природный риск представляет собой вероятность возникновения неблагоприятных последствий воздействия факторов природной среды на человеческое общество (население, организации, коммуникационные линии и т. п.).

### **Риски геоморфологических процессов в Арктической зоне РФ**

Большую роль в безопасности Арктики играют климатические изменения, способствующие возникновению как новых экономических возможностей, так и рисков для хозяйственной деятельности и окружающей среды. Интенсивное потепление климата в Арктике происходит в 2 - 2,5 раза быстрее, чем в целом на планете, и поэтому уже в последнее десятилетие мы можем наблюдать на ее территории различные геоморфологические

процессы и явления, обусловленные этими климатическими изменениями и представляющими опасность для ведения хозяйственной деятельности.

К таким явлениям можно отнести «криовулканизм». Криовулканизм — вид вулканизма на некоторых планетах и других небесных телах в условиях низких температур. Вместо расплавленных горных пород криовулканы извергают воду, аммиак, метан — как в жидком состоянии (криолаву), так и в газообразном. Такое явление наблюдалось с помощью космических зондов на некоторых планетах и их спутниках, и совсем недавно, как считают некоторые ученые, активизировалось на планете Земля [16].

В Ямальской тундре начиная с 2014 г. обнаружено уже 17 воронок, которые образовались в результате накопления газа в талике — непромерзающем слое земли в области вечной мерзлоты, и последующего взрывообразного выхода этого газа на поверхность [17]. Образованию воронок обычно предшествует появление бугров высотой от двух до пяти метров. Внутри бугра под слоем вечной мерзлоты образуется газонасыщенная полость, пустотное пространство, заполненное газом с большим давлением, который взрывается в результате того, что накопленное пластовое давление превышает давление толщи вышележащих пород. После взрыва образуется кратер (рис. 2).

Что касается причин, по которым именно сейчас наблюдается это явление – единого мнения в научной среде пока не сформировано. Также высказывается гипотеза, что испытания ядерного оружия на Новой Земле в период с 1955 по 1990 г. могли вызвать трещины в толщах вечномерзлых пород [17]. По одним трещинам газ свободно выходит на поверхность, по другим, прорываясь наверх, упирается в прочный ледяной панцирь, что потом и приводит к взрыву и выбросу на поверхность грунтов. Но, всяком случае, уже сейчас ясно, что образование таких кратеров происходит из-за целого комплекса факторов. Практически никем не оспаривается



Рисунок 2 – Кратер на Ямале, образовавшийся в 2014 г. [16].

влияние глобального потепления. Карта, отображающая местоположения кратеров выбросов газа на суше и на дне озер Ямала, а также некоторые объекты хозяйственной инфраструктуры представлена в исследовании Богоявленского В. И., Богоявленского И. В., Каргина Т. Н. и др. [19].

Тем не менее, разные процессы и явления, связанные с выходом газов из недр Земли на поверхность, изучаются давно. По данным высокоразрешающей разведки, практически на всех акваториях Арктики выделяются многочисленные неглубокие залежи газа («газовые карманы») – и зоны газонасыщенных осадков, представляющие опасность для бурения и являющиеся своего рода минами замедленного действия. Активизации газовых факелов (сипов) и выбросов (выхлопов) газа способствуют деградация многолетнемерзлых пород и землетрясения [19]. Сипы были обнаружены и впервые научно описаны в 1984 г. [20]. Они наблюдаются во многих морях Мирового океана, внутриконтинентальных морях и

озерах. Арктика – регион самого широко распространения сипов. Газовые факелы найдены во многих арктических морях — в море Лаптевых, Восточносибирском море, в Чукотском море [21]. Наблюдаются как факелы, так и последствия их деятельности — поля покмарков и плугмарков. Многолетний опыт показал, что выбросы газа могут привести к серьезным повреждениям буровых установок, нефтегазовых промыслов и подводных трубопроводов. Вероятно, что повышение температуры воздуха, воды и почвы приведет к увеличению интенсивности этих процессов.

Другим опасным природным процессом является ускоренное таяние ледников, в том числе – арктических. Так, в 2020 г. сотрудники Научного центра изучения Арктики и Московского государственного университета совершили гляциологическую экспедицию на Полярный Урал для изучения деградации ледника МГУ. В середине XX века ледник МГУ был вторым по величине и самым длинным на Урале, в 1953 г. его длина

превышала 2 километра. Ледник стал деградировать еще в 1970-е годы – он находился в так называемом каре, чашеобразном углублении, где начала скапливаться вода, а затем образовавшийся водоем стал разрушать сам ледник [22]. В последние годы на фоне глобального роста температуры этот процесс ускорился, и сейчас ледник полностью растаял. На его месте образовалось крупное озеро. Его скальные стенки не испытывают больше давление льда, из-за этого может произойти так называемая релаксация породы, и склоны могут обрушиться в озеро, что, в свою очередь, приведет к формированию цунами. Вода из озера будет вымещаться в узкую долину и распространяться вниз. Сейчас ученые пытаются рассчитать риски возникновения природных катаклизмов в этом районе.

Проблема ледниковых озер актуальна во всем мире. За последние 30 лет их площадь на планете увеличилась на 50 процентов [23]. Опасность кроется в том, что такие озера нестабильны: накапливающаяся вода разрушает их стенки, и бурные потоки смывают все на своем пути. Изучение этих процессов позволит оценить риски для возникновения опасных природных явлений, например, гляциального паводка, и необходимости ежегодного мониторинга за состоянием озера.

Также к геоморфологическим процессам, увеличившим свою интенсивность в последние годы, можно отнести просадку бугров пучения, деградацию вечной мерзлоты, приводящей к стремительной водной эрозии, росту обводненности и заозеренности территории, преобразованию котловин термокарстовых озер. Так, в Ямало-Ненецком АО (ЯНАО) идет интенсивная просадка бугров пучения. На основе натурных наблюдений удалось определить скорость просадок, составляющую 20–25 см в год [23]. Также там фиксируют значительные разрушения береговых линий рек, вызванных стремительной водной эрозией. Быстро протекающие эрозионные процессы приводят к разрушению мостов через северные реки. Сказываются также слож-

ные инженерно-геологические условия, ошибки при проектировании и строительстве [24].

Меняющиеся геоморфологические условия в Арктической зоне также влияют на безопасность судоходства. Это определяется не только мелководьем Северного морского пути в Арктике, но и быстрыми геоморфологическими изменениями устьевой зоны рек. Устьевые зоны рек Оби и Иртыша находятся в особых условиях, когда происходят быстрые геоморфологические изменения. С одной стороны, в связи с ростом среднегодовых температур и улучшением ледовой обстановки увеличивается срок навигации, с другой стороны, в результате активной водной эрозии с берегов большое количество взвешенных частиц заполняет устьевые участки рек, глубоководные воронки гидродинамического происхождения забиваются песком и реки мелеют, что резко ухудшает условия судоходства [24].

Говоря об обеспечении безопасности арктических территорий и населения, проживающего на них, необходимо отметить следующее. Для нашей страны на первое место, пожалуй, выйдут последствия, связанные с отступлением вечной мерзлоты, которая охватывает огромную часть территории России, занимая до 65% площади страны [25]. Эти последствия станут реальными угрозами для безопасности населения и территорий АЗРФ. На вечной мерзлоте расположено множество городов и поселков, проложены нефте- и газопроводы, автомобильные и железные дороги, линии электропередачи и коммуникаций. Большинство этих объектов было построено без учета современных процессов деградации многолетней мерзлоты. Риск для объектов инфраструктуры особенно велик там, где мерзлый грунт содержит большое количество льда. К таким районам относятся значительная часть долины реки Лены, Западно-Сибирская равнина, Чукотка и большая часть островных территорий севера европейской части страны, на которых находятся крупные нефтегазовые

комплексы, линии электропередач, Билибинская АЭС.

Так, в ЯНАО за последние десятилетия число дней с сильными морозами ( $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже) сократилось. Сильные морозы устанавливаются лишь на короткий интервал времени (до 3–5 суток), тогда как несколько десятилетий назад, они продолжались до месяца и более. В результате не происходит накопление холода в грунтах, поверхностный слой мерзлоты тает [24]. На Чукотке нормы температур воздуха за вегетационный период повысились на  $0,2-0,5^{\circ}\text{C}$ , а за зимний сезон температуры выросли ощутимо – на  $0,7-1,6^{\circ}\text{C}$  [26]. В Мурманской области изменения среднегодовой и сезонной температуры носят порядок градуса [27].

### **Риски биологических чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне РФ**

Активное таяние вечной мерзлоты на арктическом побережье России, происходящее из-за глобального потепления, может привести к возникновению чрезвычайной ситуации биологического характера – вскрытию старых скотомогильников с сибирской язвой, как это произошло на Ямале летом 2016 г. Вспышка сибирской язвы на этой территории произошла впервые за 75 лет. Она возникла на фоне широкомасштабной эпизоотии (распространения заболевания) среди северных оленей, в результате чего пало 2 572 оленя, заболело 24 человека, один из них погиб [28].

Споры сибирской язвы очень устойчивы ко всем неблагоприятным воздействиям и в почве сохраняют жизнеспособность в течение многих десятилетий. При определённом сочетании почвенных условий (температура, влажность, pH и др.) споры могут прорасти, тем самым поддерживая длительное существование почвенного очага.

В конце XIX – первой половине XX веков эпизоотии сибирской язвы на севере России были довольно частым явлением. По некоторым оценкам, только в тундровой зоне европейской территории России в 1897–1925 гг. пало около 1,5 млн

олений. Оленеводы, не имеющие возможности бороться с болезнью, бросали больных и павших животных и кочевали дальше с оставшимися. Образовывались «падёжные места», представляющие серьёзную эпизоотическую и эпидемическую угрозу в течение многих лет. На полуострове Ямал таких мест зарегистрировано более 60 [29]. На территории ЯНАО в период 1898 – 1931 гг. в ходе 66 эпизоотий пало более 1 млн оленей. Последняя эпизоотия, не включая 2016 г., отмечена в 1941 г., когда погибло 6700 оленей. Таким образом, в зоне северного оленеводства имеется большое количество почвенных очагов сибирской язвы и неучтённых скотомогильников, которые могут стать источником заражения животных и людей.

Причинами последних эпизоотии и эпидемической вспышки послужили следующие факторы. Во-первых, аномально высокие температуры июня и июля 2016 г. привели к тому, что произошла активация очагов болезни. Во-вторых, слабая изученность территории на предмет выявления почвенных очагов сибирской язвы и, как следствие, отсутствие знаков опасности, недостаток информации у оленеводов. В-третьих, недостаточная разветвленность и укомплектованность ветеринарной службы в ЯНАО (недостаток финансирования, отсутствие оперативной связи с оленеводами-кочевниками, лабораторной базы, транспорта) привели к задержке в диагностике и постановке диагноза заболевшим. В-четвертых, в 2007 г. решением правительства ЯНАО из плана противоэпизоотических мероприятий на территории округа была исключена вакцинация северных оленей против сибирской язвы. Иммунизация населения из групп риска в округе также не проводилась. Совокупность этих факторов и привела к чрезвычайной ситуации биологического характера.

Из этого события были извлечены уроки, сделаны выводы, но тем не менее, ситуация остается тревожной. По данным Россельхознадзора в стране более 17 тысяч захоронений «биологических



отходов», из них три с лишним тысячи — с сибирской язвой [30]. Споры сибирской язвы в условиях многолетней мерзлоты хранятся в останках умерших животных веками. Оттаивание почвы, в которой они лежат, означает вскрытие этих хранилищ. Вспышки болезни могут произойти после активации очагов (вымывания спор на поверхность) во время половодий, раскопок, таяния льда или других процессов, происходящих в земной коре. Риск таяния скотомогильников действительно очень велик, при этом неравномерен: где-то риск таяния нулевой, а где-то всё может происходить очень быстро. Надо понимать, что это долгосрочный процесс на весь XXI век. Все прогнозы говорят о том, что будет всё более глубокое летнее протаивание вечной мерзлоты по всей полосе, начиная от Архангельской области до Якутии, Колымы и Южной Сибири.

Не исключено, что в результате деградации многолетней мерзлоты на поверхность земли могут выйти и другие инфекционные агенты – древние вирусы и бактерии, которые могут негативно повлиять на человека и все компоненты сформировавшейся современной биосферы.

Но глобальное потепление и ухудшение глобальной экологической обстановки несут биологические риски не только для территорий, но и акваторий. В сентябре 2020 г. внимание СМИ, граждан и ученых привлекла массовая гибель морских животных и изменение органолептических свойств воды в Авачинской бухте Тихого океана [31]. После взятия проб и тщательного изучения был сделан вывод, что причиной гибели морских животных явилось кислородное голодание из-за так называемых «красных приливов» — бурного развития микроводорослей, поглощающих кислород и вырабатывающих токсины [32]. Ежегодно в мире регистрируются десятки токсичных «красных приливов» с убытками более миллиона долларов. «Красные приливы» наносят существенный ущерб рыбному хозяйству и аквакультуре. Бурному развитию таких водорослей может способ-

ствовать необычная гидрологическая и гидрохимическая ситуация, температурная аномалия, сила, направления ветров, поверхностных и глубинных течений, межвидовая конкуренция и многие другие факторы, в том числе антропогенные.

Не исключено, что меняющаяся гидрологическая и гидрохимическая обстановка в морях Северного Ледовитого океана тоже сможет привести к подобного рода ситуациям. Как показало событие, произошедшее в Авачинской бухте, положение осложняется тем, что в стране отсутствуют регулярные наблюдения за процессами, происходящими в морях, омывающих Россию. Отсутствие данных о состоянии вод и гидробионтов приводит к запоздалой реакции соответствующих служб и ведомств, способно привести к ошибочным действиям, неэффективности мероприятий по устранению причин и последствий опасных природных явлений.

Одним из таких процессов, требующих пристального и постоянного изучения, является закисление Северного Ледовитого океана. Закисление океана представляет собой явление, в ходе которого воды океана постепенно становятся менее щелочными в результате повышения концентрации углекислого газа в атмосфере и его растворения в океане [33]. Дается неутешительный прогноз, что, если допустить протекание этого процесса без какого-либо сдерживания, он может иметь значительные последствия для морских экосистем и условий жизни во всем мире, равно как и для углеродного цикла. В последние десятилетия имело место заметное увеличение концентрации углекислого газа в верхнем слое морской водной толщи, что может быть обусловлено пропорциональным повышением содержания углекислого газа в атмосфере, как результат хозяйственной деятельности человека. Северный Ледовитый океан поглощает углекислый газ активнее других океанов, потому что он самый холодный из них - при низких температурах углекислый газ лучше растворяется в воде. Кроме

того, это единственный океан, окруженный вечной мерзлотой, которая активно деградирует, высвобождая древнее органическое вещество, вовлекаемое в современный цикл углерода.

Тем не менее, биогеохимические последствия таяния многолетней мерзлоты и связанное с этим закисление шельфовых вод Северного Ледовитого океана, до настоящего времени изучены недостаточно. Существует лишь общее понимание протекающих процессов и есть некоторые данные, полученные в ходе научно-исследовательских экспедиций. Так, отмечается, что вода повышенной кислотности из Восточно-Сибирского шельфа поступает в глубокую часть Северного Ледовитого океана, создавая опасность для всей его экосистемы [34]. Она не только растворяет панцири и скелеты морских организмов, содержащие кальций, но и нарушает баланс в пищевых цепях, определяющих продуктивность биоты Северного Ледовитого океана. По мере дальнейшего роста температур в Арктическом регионе, скорость таяния мерзлоты будет нарастать, а сток рек – увеличиваться. Это означает, что в воды Северного Ледовитого океана будет попадать еще больше углекислоты. В конечном итоге это может привести к тому, что значительная часть Северного Ледовитого океана станет источником углекислого газа для атмосферы планеты, в то время как до настоящего времени этот океан считался главным «стоком» для избыточного атмосферного углекислого газа. Потенциально закисление Северного Ледовитого океана может отразиться как на промысловом рыболовстве, которое играет важную роль в экономике северных стран, в том числе России, так и на морских ресурсах, используемых коренным населением Арктики.

### **Гидрологические опасности в Арктической зоне РФ**

При сохранении тренда на потепление климата Арктики будут упрощаться ледовые условия. Однако при этом возрастут риски, связанные с усилением

ветро-волновой активности, с повышением уровня моря. Вследствие сложения ряда факторов усилится разрушение ледистых и рыхлых берегов. Ветро-волновая абразия уже сейчас становится одним из значимых факторов разрушения берегов крупных рек, портовых сооружений, причалов и защитных сооружений, строящихся в АЗРФ [35].

По мере потепления климата и отступления морского льда Арктика меняется. Покрытые льдом просторы теперь имеют сезон все более открытой воды, которая, по прогнозам, распространится на весь Северный Ледовитый океан до середины этого столетия. Сильный арктический ветер (шторм) и наличие открытой воды будут способствовать возникновению арктической зыби – огромных волн, которые могут добавить в ситуацию в регионе новый и непредсказуемый элемент [36]. Это может представлять опасность для судовых и нефтяных компаний, которые рассчитывают на работы в свободных ото льда северных водах. Статистика показывает, что почти все жертвы и потери в море являются следствием штормовых условий.

Кроме того, формирование интенсивной ветро-волновой активности может приводить к обратной связи – все большему увеличению площади открытой воды по мере того, как большие волны будут разбивать оставшиеся летние льдины.

Климатообразование Арктики – сложная система, и между ее элементами есть множество положительных обратных связей. Так, отражающая способность льда в шесть раз выше, чем у чистой воды. Соответственно, чем меньше льда присутствует в океане, тем больше солнечной энергии поглощается его поверхностью. То есть, тем сильнее вода нагревается и, соответственно, больше ее испаряется. И это тоже ускоряет глобальное потепление, ведь водяной пар – тоже парниковый газ, причем, даже более активный, нежели углекислый газ.

Ранее эксперты предсказали, что Северному Ледовитому океану уготована участь стать основополагающей

компонентой пополнения вод Атлантического океана. Ученые пришли к подобному выводу, когда увидели много общих очертаний в движении водных потоков вышеуказанных водоемов. Кроме этого, вследствие таяния ледников происходит смешивание вод океанов [37].

Все эти процессы и явления требуют тщательного изучения и анализа. Так, в октябре 2020 г. завершилась крупнейшая в мире арктическая экспедиция MOSAiC. В ней приняли участие 300 ученых из 20 стран мира. Они провели на Северном полюсе 389 дней, преодолев 3400 километров [38]. Цель экспедиции - сбор данных об атмосфере, океане, морском льде и полярных экосистемах. Полученные в ходе проекта данные помогут усовершенствовать модели полярной атмосферы и океана, улучшить прогнозы погоды высокого разрешения в Арктике, восполнить недостающие пробелы в понимании Арктики и климатической системы.

Ученые назвали увиденную ими в летний сезон картину «драматичной». Так, большая часть морского льда в океане растаяла. Периодически судно проходило через обширные участки открытой воды, простирающиеся до горизонта. Только на самом севере ученым удалось увидеть «сильно размытый, растаявший, тонкий и хрупкий лед». Если тенденция к потеплению сохранится, через несколько десятков лет Арктика летом будет полностью освобождаться ото льда [39].

Арктика относится к числу регионов мира, наиболее подверженных климатическим изменениям. Так, с начала постоянных наблюдений (то есть с 1970-х годов) площадь морского льда уменьшалась на 12% каждое десятилетие. Сейчас количество морского льда сократилось так сильно, что даже при условии холодной зимы не сможет восстановиться до прежних уровней. Проанализировав показатели за несколько последних десятилетий, ученые пришли к выводу, что колебания температур в Арктике вышли за рамки обычной сезонной изменчивости и свидетельствуют в том, что эта часть планеты переходит к новой климатической фазе [40].

По прогнозам, и осенние, и зимние месяцы в Арктике будут стабильно теплыми, и к середине текущего столетия климат изменится. В течение 20-60 дней в году вместо снегопадов станут идти дожди. К концу XXI века, если нынешние тенденции сохранятся, в Арктику придут настоящие сезоны дождей продолжительностью от двух до трех месяцев (60-90 дней), а 3-10 месяцев в году она будет лишена льда.

Беспрецедентная скорость, с которой тают арктические льды, может поставить под угрозу выживание коренных народов северных территорий в связи с нарушением их традиционного образа жизни, привести к затоплению больших площадей, исчезновению отдельных биологических видов, таких как белые медведи, кольчатые нерпы и др., к разрушению инфраструктуры населенных пунктов.

Гидрологические изменения коснутся и рек АЗРФ. Ожидается сокращение периода ледостава на сибирских реках до 1527 суток с одновременным уменьшением максимальной толщины льда на 20-40% [41]. Ожидаются также значительные изменения в сроках и процессах замерзания и вскрытия рек и водоемов. С одной стороны, эти изменения будут способствовать заметному продлению времени речного судоходства, а с другой стороны, сократят период и возможности доставки грузов в труднодоступные районы по зимним автомобильным трассам, так называемым «зимникам», оборудованным по замерзшим руслам больших рек. Эти процессы имеют огромное значение для субъектов Российской Федерации Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, особенно для Якутии, Магаданской области и Чукотского автономного округа, где основной объем грузов доставляется по речным руслам – летом судами, а зимой – автомобильным транспортом.

Важным последствием изменений климата для арктических территорий России станут проблемы, связанные с наводнениями и паводками, которые из всех стихийных бедствий занимают

первое место по суммарному среднегодовому ущербу. В связи с прогнозируемым увеличением максимальных запасов воды в снежном покрове мощность весенних паводков может возрасти на реках Архангельской области, Республики Коми, на реках водосбора Енисея и Лены. В районах, подверженных опасности катастрофических и опасных наводнений в период весеннего половодья, где максимальные расходы усложняются заторами льда, максимальная продолжительность затопления пойменных участков может возрасти до 24 суток (в настоящее время она составляет до 12 суток) [42]. При этом максимальные расходы воды могут превышать их средние многолетние значения в два раза. В ближайшие годы ожидается повышение частоты заторных наводнений на реке Лена примерно в два раза.

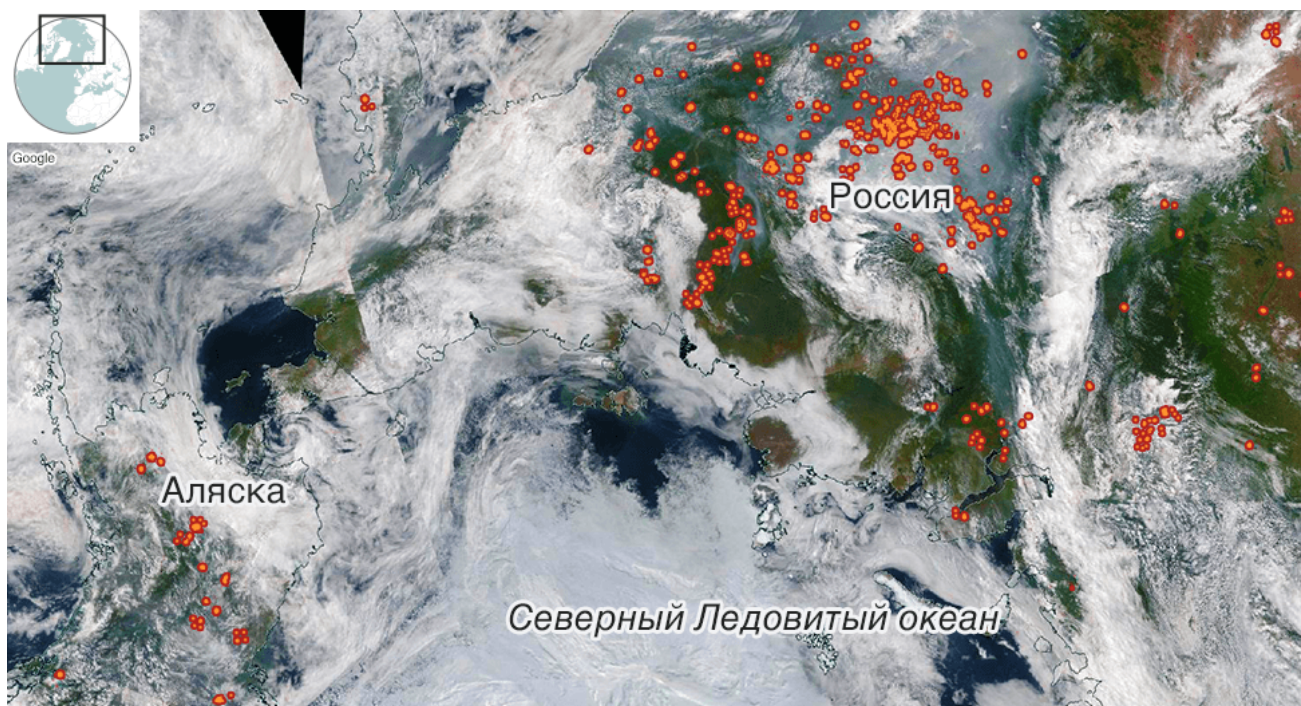
Увеличение осадков и стока северных рек приведет к повышению мощности весенних паводков, создаст новые проблемы по защите населения и территорий от наводнений. Рост частоты и масштабы наводнений, в том числе катастрофических, как за счет увеличения запасов воды в снежном покрове, так и за счет обильных дождей, что может стать причиной возникновения в том

числе и чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

### Сейсмическая активность Арктической зоны РФ

В настоящее время Геофизическая служба РАН - основная российская организация, ведущая контроль сейсмических событий (землетрясения), имеет очень ограниченную сеть сейсмологических станций в Арктике. За счет этого создается ошибочное впечатление об асейсмичности данного региона и большей части Северного Ледовитого океана. При этом на полуострове Ямал и во всем ЯНАО сейсмические станции вообще отсутствуют [43].

Чукотка и Корякское нагорье также еще недостаточно изучены в сейсмическом отношении из-за отсутствия здесь необходимого числа сейсмических станций. Тем не менее, в 1928 г. у восточного побережья Чукотки возник ряд сильных землетрясений с магнитудами  $M=6.9$ ,  $6.3$ ,  $6.4$  и  $6.2$ . Там же в 1996 г. произошло землетрясение с  $M=6.2$ . Сильное землетрясение в Корякском нагорье произошло в 1991 г. (Хаилинское землетрясение  $M=7.0$ ,  $I_0=8-9$  баллов). Еще более значительное ( $M=7.8$ ,  $I_0=9-10$  баллов) землетрясение случилось в Корякском нагорье



Источник: Nasa Worldview, 1 Августа

Рисунок 3 – Снимок со спутника пожаров на территории России и Аляски [46].

21 апреля 2006 г. Больше всего пострадали поселки Тиличики и Корф, откуда было эвакуировано свыше полутысячи жителей аварийных домов [44, 45]. Благодаря редкой заселенности, погибших не было. Подземные толчки ощущались в Олюторском и Карагинском районах Корякии. В результате стихии пострадали несколько деревень.

Таким образом, повышенная сейсмичность Чукотского моря и его обрамления является давно установленным фактом. Тем не менее в этом отношении данный регион остается одним из наиболее слабо изученных. Все вышесказанное, конечно, неприемлемо для обеспечения мониторинга сейсмической обстановки в районах размещения опасных объектов (объектов использования атомной энергии, нефтегазопромыслов, портовой инфраструктуры и др.)

### **Природные (ландшафтные) пожары в арктической тундре**

Также к опасностям природного характера в последние годы прибавилось возрастание числа и масштабов пожаров в арктической тундре, которые ранее были достаточно редким явлением [46]. Так отмечается, что за последние 20 лет число тундровых пожаров выросло более чем вдвое. Основной причиной природных пожаров в тундре является антропогенный фактор - неосторожное обращение с огнем, поджог. Все это обусловлено развитием хозяйственной деятельности на территории - нефтегазодобывающей отрасли, транспортной инфраструктуры, арктического туризма и т.д. Но есть и большая вероятность возникновения природного пожара в арктической тундре из-за сухих гроз, чему способствуют более высокие летние температуры воздуха на фоне глобального потепления и, как следствие, - лучшее прогревание почвы, испарение почвенной влаги, высыхание растительности. Все это создает условия для более частого возникновения природных пожаров (рис.3).

Природные пожары в тундре могут распространяться на большие терри-

тории за счет высокой скорости ветра, однородности подстилающей поверхности и представлять опасность для объектов экономики и населенных пунктов. Кроме того, пожары способствуют поступлению в атмосферу большого количества углекислого газа и сажи. В свою очередь, углекислый газ обладает парниковым эффектом, а сажа, переносимая воздушными массами на многие километры, способна осаждаться на лед, уменьшать его отражательную способность, что также способствует ускоренным процессам таяния.

### **Заключение**

Таким образом, наблюдающееся глобальное потепление на планете создает для арктических территорий России ситуацию, когда необходимы осознание новых угроз и в то же время защита национальных интересов в отношении АЗРФ. Климатические условия Арктики, их изменения следует рассматривать не только как источник участившихся опасных природных явлений и стихийных бедствий, а как отражение негативных изменений в окружающей среде, наносящих ущерб условиям проживания населения, его здоровью, работе предприятий, транспорта, социальной инфраструктуре.

На настоящий момент основными нерешенными вопросами, усугубляющими риски опасных природных явлений в АЗРФ остаются такие проблемы, как отсутствие системы экстренной эвакуации и оказания медицинской помощи членам экипажей морских судов в акватории Северного морского пути, низкий уровень развития информационно-коммуникационной инфраструктуры, недостаточная проработка инженерно-технических решений, обеспечивающих устойчивое функционирование инфраструктуры в условиях климатических изменений.

Также для успешного и эффективного развития АЗРФ необходимо на федеральном уровне решение следующих задач, связанных с защитой территорий и населения АЗРФ от природных опасностей:

- развитие государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в целях осуществления мероприятий по чрезвычайным ситуациям природного характера;
  - развертывание космической системы, обеспечивающей получение гидрометеорологических данных высокого временного разрешения по полярному региону Земли;
  - выявление и анализ рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, выработка способов предупреждения таких ситуаций;
  - повышение уровня защищенности критически важных и потенциально опасных объектов, обеспечение устойчивости их функционирования при чрезвычайных ситуациях в арктических условиях;
  - развитие системы антикризисного управления в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
  - развитие (с учетом решаемых задач и природно-климатических условий) арктических комплексных аварийно-спасательных центров, в том числе расширение их технических и тактических возможностей, связанных с предупреждением чрезвычайных ситуаций и реагированием на такие ситуации, совершенствование их структуры, состава и материально-технического обеспечения, расширение инфраструктуры базирования;
  - организация учений и тренировок по проверке готовности сил и средств арктических государств к ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
  - обеспечение эвакуации (переселения) граждан из населенных пунктов из-за последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.
- Для повышения уровня изученности природных явлений и картирования зон распространения потенциально опасных природных явлений и процессов, представляющих проблемы для освоения ресурсов АЗРФ, необходимо большое внимание уделять фундаментальным научным исследованиям. Криолито- и криогидросферы Арктики на данный момент характеризуются низким уровнем фундаментальных научных исследований опасных процессов и явлений, часть которых стала известна лишь в последние годы. Также необходимо обратить внимание на уже накопленные научно-исследовательские материалы и данные, которые могут помочь в решении научных и производственных задач развития АЗРФ, мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного характера.
- Учитывая рассмотренные выше опасные природные процессы и явления и связанные с ними риски, которые будут возрастать из-за широкого промышленного освоения этого региона и изменений климата, принимая во внимание многообразие этих природных опасностей и рисков, их влияние друг на друга, а также серьёзность возможных последствий, необходимо разрабатывать долгосрочные инвестиционные программы и выработать соответствующую внутреннюю и внешнюю политику в отношении северных регионов страны по обеспечению их социально-экономического развития и комплексной безопасности.

**Список литературы:**

1. Нефтегазовый клондайк Арктики URL: [https://www.cdu.ru/tek\\_russia/issue/2018/12/545/](https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2018/12/545/) (Дата обращения: 04.12.2020)
2. Белый О.В., Скороходов Д.А., Стариченков А.Л. Северный морской путь: проблемы и перспективы // Транспорт Российской Федерации. 2011. Т. 32. № 1. С. 8-12.
3. Бабич С.В., Яковлева А.А. Транспортно-логистический потенциал северного морского пути в евроазиатском экономическом пространстве // Российская Арктика 2019, № 4. С. 5-14. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37138435> (Дата обращения: 04.12.2020)
4. Багдасарян А.А. Основные экологические проблемы Северного морского пути в перспективе его развития / А.А. Багдасарян // Российская Арктика. – 2020. – № 9. – С. 17-29. URL: <https://russian-arctic.info/info/articles/ecology/osnovnyye-ekologicheskie-problemy-severnogo-morskogo-puti-v-perspektive-ego-razvitiya/> (Дата обращения: 04.12.2020)
5. Хвостова М.С. Вопросы радиоэкологии Арктического региона России / М.С. Хвостова // Российская Арктика. – 2019. – №4. – С.58. URL: <https://russian-arctic.info/info/articles/ecology/voprosy-radioekologii-arkticheskogo-regiona-rossii/> (Дата обращения: 05.12.2020)
6. Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» URL: <http://www.kremlin.ru/acts/news/64274> (Дата обращения: 02.12.2020)
7. Григорьев А.В. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в арктическом регионе. Безопасный город в Арктике. Ликвидация ядерного наследия в Арктическом регионе России // Атомная энергия. 18.09.2016. <https://www.atomic-energy.ru/articles/2016/08/18/68368?page=2> (Дата обращения 03.01.2021)
8. Сивинцев, Ю. В. Затопление радиоактивных отходов - прошлое, настоящее, будущее / Ю. В. Сивинцев // Бюл. по атом. энергии. - 2008. - № 9. - С. 20-30. - АКУНБ.
9. Сивинцев Ю.В., Вакуловский С.М., Васильев А.П., Высоцкий В.Л., Губин и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию: радиоэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в Арктические и дальневосточные моря («Белая книга-2000»). - М., ИздАТ, 2005г. 624 с.
10. Саркисов А.А., Сивинцев Ю.В., Высоцкий В.Л., Никитин В.С. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Москва. ИБРАЭ РАН. 2009. 82 с.
11. Технический проект плавучего энергетического блока с реакторной установкой КЛТ-40С пр. 20870. ОАО «ЦКБ «Айсберг», 2001 г. 420 с.
12. Кашин В.И. Законодательное обеспечение развития и освоения Арктики URL: <https://kprf.ru/activity/ecology/152270.html> (Дата обращения: 03.12.2020)
13. Богоявленский В.И. Природные и техногенные угрозы при освоении месторождений горючих ископаемых в криолитосфере Земли // Горная промышленность. — 2020. — № 1. — С. 97—118. — DOI:10.30686/1609-9192-2020-1-97-118.
14. Брехунцов А.М., Петров Ю.В., Прыкова О.А. Экологические аспекты освоения природно-ресурсного потенциала российской Арктики // Арктика: экология и экономика. — 2020. — №3(39). — С. 34-47. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-34-47.
15. Чуприян А.П., Веселов И.А., Сорокина И.В., Наумова Т.Е. Мероприятия, проводимые МЧС России по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктике // Арктика: экология и экономика. – 2013. – №1(9). – С. 70-77.
16. Buldovicz, S.N., Khilimonyuk, V.Z., Bychkov, A.Y. et al. Cryovolcanism on the Earth: Origin of a Spectacular Crater in the Yamal Peninsula (Russia). Sci Rep 8, 13534 (2018). URL: [https://www.researchgate.net/publication/327559512\\_Cryovolcanism\\_on\\_the\\_Earth-Origin\\_of\\_a\\_Spectacular\\_Crater\\_in\\_the\\_Yamal\\_Peninsula\\_Russia](https://www.researchgate.net/publication/327559512_Cryovolcanism_on_the_Earth-Origin_of_a_Spectacular_Crater_in_the_Yamal_Peninsula_Russia) (Дата обращения: 01.12.2020)
17. Гигантские воронки на Ямале: исследователи – об уникальном природном явлении. URL: <http://www.sib-science.info/ru/institutes/gigantskie-03092020> (Дата обращения 15.01.2021)
18. Ученые: Появление воронок в Арктике можно предсказать URL: <https://rg.ru/2014/12/09/reg-urfo/prognoz.html> (Дата обращения: 01.12.2020)
19. Богоявленский В. И., Богоявленский И. В., Каргина Т. Н. и др. Дегазация Земли в Арктике: дистанционные и экспедиционные исследования выбросов газа на термокарстовых озерах // Арктика: экология и экономика. — 2019. — № 2 (34). — С. 31—47. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-2-31-47
20. Бондур В.Г., Кузнецова Т.В. Выявление газовых сипов в акваториях арктических морей с использованием данных дистанционного зондирования URL: <http://evgengusev.narod.ru/antropogen/bondur-2015.html> (Дата обращения: 01.12.2020)
21. Шнюков Е.Ф., Топачевский И.В. Газовые сипы Мирового океана // Геологія і корисні копалини Світового океану. 2019. 15, № 2. С. 3—15. URL: <http://gpimo.nas.gov.ua/ru/node/837>(Дата обращения: 04.12.2020)
22. Цунами на Полярном Урале: почему исчез ледник МГУ URL: <https://www.vesti.ru/article/2453965> (Дата обращения: 05.12.2020)
23. Ткачев Б.П. Гидрометеорологическое обеспечение устойчивого развития Севера (Арктики). Безопасный Север – чистая Арктика: материалы I Всероссийской научно-практической конференции (г. Сургут, 26 октября 2018 г.). Сургутский гос. ун-т. Сургут: ООО «Печатный мир

- г. Сургут», 2018. С. 14–25.
24. Ткачев Б.П., Кунин С.А. Риски геоморфологических процессов на севере (Арктике) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 3. – С. 29-33. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13031> (Дата обращения: 03.12.2020)
  25. Котляков В.М. Многолетняя мерзлота // Большая российская энциклопедия, 2004. URL: <https://bigenc.ru/geology/text/5556854> (Дата обращения: 03.12.2020)
  26. Ушаков М.В. Современные изменения термического режима вегетационного и зимнего периодов на Чукотке // Географический вестник. Метеорология. № 2 (41). 2017. С. 81-90.
  27. Демин В.И. Основные климатические тенденции на Кольском полуострове за период инструментальных метеорологических измерений // Труды Кольского научного центра РАН. С.98-110.
  28. Ясюкевич В.В., Ясюкевич Н.В. Сибирская язва // ПЭММЭ, Том XXVII, № 2, 2016. С. 87-101.
  29. Лайшев К.А., Забродин В.А., Прокудин А.В., Самандас А.М. Основные и малоизученные болезни таймырской популяции диких северных оленей // Генетика и разведение животных. 2017.-N 1. С. 3-8.
  30. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/221745456> (Дата обращения: 05.12.2020)
  31. Специалисты заявили о гибели 95% обитателей морского дна Авачинской бухты URL: <https://ria.ru/20201006/kamchatka-1578353516.html> (Дата обращения: 05.12.2020)
  32. Орлова Т.Ю. Красные приливы и токсические микроводоросли в дальневосточных морях России // Вестник ДВО РАН. 2005. № 1. С. 27-31.
  33. Мировой океан и морское право. Доклад Генерального секретаря. 68 сессия Генеральной Ассамблеи ООН. 36 с. URL: <https://www.refworld.org/cgi-bin/texis/vtx/rwmain/opendocpdf.pdf?reldoc=y&docid=52a9874b4> (Дата обращения: 05.12.2020)
  34. Российские ученые открыли новый механизм закисления вод в Северном Ледовитом океане URL: <https://pro-arctic.ru/19/04/2016/news/21133> (Дата обращения: 05.12.2020)
  35. Фролов А.В. Гидрометеорологическое обеспечение морской деятельности в Арктике: новые технологии // Российские полярные исследования. 2014. № 4 (18). С. 3–5.
  36. Thomson J., Swell and sea in the emerging Arctic Ocean WE Rogers Geophysical Research Letters 41 (9), 3136-3140/
  37. В Северном Ледовитом океане дайверы увидели редчайшее природное явление URL: [https://www.rusdialog.ru/science/187845\\_1570769815](https://www.rusdialog.ru/science/187845_1570769815) (Дата обращения: 06.12.2020)
  38. Международная экспедиция MOSAiC завершила программу исследований вблизи Северного полюса URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/9718319> (Дата обращения: 06.12.2020)
  39. Арктическая экспедиция заявила об «умирании» Северного Ледовитого океана URL: <https://mir24-tv.turbopages.org/mir24.tv/s/news/16430032/arkticheskaya-ekspediciya-zayavila-ob-umiranii-severnogo-ledovitogo-okeana> (Дата обращения: 06.12.2020)
  40. Landrum, L., Holland, M.M. Extremes become routine in an emerging new Arctic. Nat. Clim. Chang. 10, 1108–1115 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0892-z>
  41. Акимов В.А., Дурнев Р.А., Соколов Ю.И. Защита населения и территорий Российской Федерации в условиях изменения климата. Москва. Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России. 2016. 388 с.
  42. Разумов В.В., Разумова Н.В., Пчелкин В.И. Масштабы и опасность наводнений в Сибирском регионе России // Наука. Инновации. Технологии. № 4. 2015 г. С. 103-144. URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/nauka-innovatsii-tehnologii?i=1053228> (Дата обращения: 07.12.2020)
  43. Богоявленский В.И. Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2014-09/2> (Дата обращения: 07.12.2020)
  44. Уломов В.И. Сейсмичность // Большая Российская Энциклопедия (БРЭ). Том «Россия». 2004. С.34-39.
  45. Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии (Отв. ред. В.И.Уломов). Том 1. М.: ИФЗ РАН. 1993. 303 с. и Том 2-3. М.: ОИФЗ РАН. 1995. 490 с.
  46. Коннова Л.А., Львова Ю.В., Руднев Е.В. О проблемных вопросах природных пожаров в Арктической тундре // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-problemnyh-voprosah-prirodnih-pozharov-v-arkticheskoy-tundre> (Дата обращения: 07.12.2020)



## References:

1. Neftegazovyy klondajk Arktiki URL: [https://www.cdu.ru/tek\\_russia/issue/2018/12/545/](https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2018/12/545/) (accessed 04.12.2020) (In Russian)
2. Belyj O.V., Skorohodov D.A., Starichenkov A.L. Severnyj morskoy put': problemy i perspektivy // Transport Rossijskoj Federacii. 2011. T. 32. № 1. S. 8-12. (In Russian)
3. Babich S.V., YAKovleva A.A. Transportno-logisticheskij potencial severnogo morskogo puti v evroaziatskom ekonomicheskom prostranstve // Rossijskaya Arktika 2019, № 4. S. 5-14. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=3713843> (accessed 04.12.2020) (In Russian)
4. Bagdasaryan A.A. Osnovnye ekologicheskie problemy Severnogo morskogo puti v perspektive ego razvitiya / A.A. Bagdasaryan // Rossijskaya Arktika. – 2020. – № 9. – S. 17-29. URL:<https://russian-arctic.info/info/articles/ecology/osnovnye-ekologicheskie-problemy-severnogo-morskogo-puti-v-perspektive-ego-razvitiya/> (accessed 04.12.2020) (In Russian)
5. Hvostova M.S. Voprosy radioekologii Arkticheskogo regiona Rossii / M.S. Hvostova // Rossijskaya Arktika. – 2019. – №4. – S.58. URL: <https://russian-arctic.info/info/articles/ecology/voprosy-radioekologii-arkticheskogo-regiona-rossii/> (accessed 05.12.2020) (In Russian)
6. Ukaz Prezidenta RF ot 26 oktyabrya 2020 g. № 645 «O Strategii razvitiya Arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii i obespecheniya nacional'noj bezopasnosti na period do 2035 goda» URL: <http://www.kremlin.ru/acts/news/64274> (accessed 02.12.2020) (In Russian)
7. Grigor'ev A.V. Problemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij v arkticheskom regione. Bezopasnyj gorod v Arktike. Likvidaciya yadernogo naslediya v Arkticheskom regione Rossii // Atomnaya energiya. 18.09.2016. <https://www.atomic-energy.ru/articles/2016/08/18/68368?page=2> (accessed 03.01.2021) (In Russian)
8. Sivincev, YU. V. Zatoplenie radioaktivnyh othodov - proshloe, nastoyashchee, budushchee / YU. V. Sivincev // Byul. po atom. energii. - 2008. - № 9. - S. 20-30. - AKUNB. (In Russian)
9. Sivincev YU.V., Vakulovskij S.M., Vasil'ev A.P., Vysockij V.L., Gubin i dr. Tekhnogennye radionuklidy v moryah, omyvayushchih Rossiyu: radioekologicheskie posledstviya udaleniya radioaktivnyh othodov v Arkticheskie i dal'nevostochnye morya («Belaya kniga-2000»). - M., IzdAT, 2005g. 624 s. (In Russian)
10. Sarkisov A.A., Sivincev YU.V., Vysockij V.L., Nikitin V.S. Atomnoe nasledie holodnoj vojny na dne Arktiki. Moskva. IBRAE RAN. 2009. 82 s. (In Russian)
11. Tekhnicheskij proekt plavuchego energeticheskogo bloka s reaktornoj ustanovkoj KLT-40S pr. 20870. OAO «CKB «Ajsberg», 2001 g. 420 s. (In Russian)
12. Kashin V.I. Zakonodatel'noe obespechenie razvitiya i osvoeniya Arktiki URL: <https://kprf.ru/activity/ecology/152270.html> (accessed 03.12.2020) (In Russian)
13. Bogoyavlenskij V.I. Prirodnye i tekhnogennye ugrozy pri osvoenii mestorozhdenij goryuchih iskopaemyh v kriolitosfere Zemli // Gornaya promyshlennost'. — 2020. — № 1. — S. 97—118. — DOI:10.30686/1609-9192-2020-1-97-118. (In Russian)
14. Brekhuncov A.M., Petrov YU.V., Prykova O.A. Ekologicheskie aspekty osvoeniya prirodno-resursnogo potenciala rossijskoj Arktiki // Arktika: ekologiya i ekonomika. — 2020. — №3(39). — S. 34-47. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-34-47. (In Russian)
15. CHupriyan A.P., Veselov I.A., Sorokina I.V., Naumova T.E. Meropriyatiya, provodimye MCHS Rossii po preduprezhdeniyu i likvidacii chrezvychajnyh situacij v Arktike // Arktika: ekologiya i ekonomika. – 2013. – №1(9). – S. 70-77. (In Russian)
16. Buldovicz, S.N., Khilimonyuk, V.Z., Bychkov, A.Y. et al. Cryovolcanism on the Earth: Origin of a Spectacular Crater in the Yamal Peninsula (Russia). Sci Rep 8, 13534 (2018). URL: [https://www.researchgate.net/publication/327559512\\_Cryovolcanism\\_on\\_the\\_Earth-Origin\\_of\\_a\\_Spectacular\\_Crater\\_in\\_the\\_Yamal\\_Peninsula\\_Russia](https://www.researchgate.net/publication/327559512_Cryovolcanism_on_the_Earth-Origin_of_a_Spectacular_Crater_in_the_Yamal_Peninsula_Russia) (accessed 01.12.2020) (In English)
17. Gigantskie voronki na YAmale: issledovateli – ob unikal'nom prirodnom yavlenii. URL: <http://www.sib-science.info/ru/institutes/gigantskie-03092020> (accessed 15.01.2021) (In Russian)
18. Uchenye: Poyavlenie voronok v Arktike možno predskazat' URL: <https://rg.ru/2014/12/09/reg-urfo/prognoz.html> (accessed 01.12.2020) (In Russian)
19. Bogoyavlenskij V. I., Bogoyavlenskij I. V., Kargina T. N. i dr. Degazaciya Zemli v Arktike: distancionnye i ekspedicionnye issledovaniya vybrosov gaza na termokarstovyyh ozerah // Arktika: ekologiya i ekonomika. — 2019. — № 2 (34). — S. 31—47. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-2-31-47 (In Russian)
20. Bondur V.G., Kuznecova T.V. Vyyavlenie gazovyyh sipov v akvatoriyah arkticheskikh morej s ispol'zovaniem dannyh distancionnogo zondirovaniya URL: <http://evgengusev.narod.ru/antropogen/bondur-2015.html> (accessed 01.12.2020) (In Russian)
21. SHnyukov E.F., Topachevskij I.V. Gazovyye sipy Mirovogo okeana // Geologiya i korisni kopalini Svitovogo okeanu. 2019. 15, № 2. C. 3—15. URL: <http://gpimo.nas.gov.ua/ru/node/837> (accessed 04.12.2020) (In Russian)
22. Cunami na Polyarnom Urale: pochemu ischez lednik MGU URL: <https://www.vesti.ru/article/2453965> (accessed 05.12.2020) (In Russian)
23. Tkachev B.P. Gidrometeorologicheskoe obespechenie ustojchivogo razvitiya Cevera (Arktiki). Bezopasnyj Sever – chistaya Arktika: materialy I Vserossijskoj nauchnoprakticheskoy konferencii (g. Surgut, 26 oktyabrya 2018 g.). Surgutskij gos. un-t. Surgut: OOO «Pechatnyj mir g. Surgut», 2018. S. 14–25. (In Russian)

24. Tkachev B.P., Kunin S.A. Riski geomorfologicheskikh processov na severe (Arktike) // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2020. – № 3. – S. 29-33. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13031> (accessed 03.12.2020) (In Russian)
25. Kotlyakov V.M. Mnogoletnyaya merzlota // Bol'shaya rossijskaya enciklopediya, 2004. URL: <https://bigenc.ru/geology/text/5556854> (accessed 03.12.2020) (In Russian)
26. Ushakov M.V. Sovremennye izmeneniya termicheskogo rezhima vegetacionnogo i zimnego periodov na CHukotke // Geograficheskij vestnik. Meteorologiya. № 2 (41). 2017. S. 81-90. (In Russian)
27. Demin V.I. Osnovnye klimaticheskie tendencii na Kol'skom poluostrove za period instrumental'nyh meteorologicheskikh izmerenij // Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN. S.98-110. (In Russian)
28. YAsyukevich V.V., YAsyukevich N.V. Sibirskaya yazva // PEMME, Tom XXVII, № 2, 2016. S. 87-101. (In Russian)
29. Lajshev K.A., Zabrodin V.A., Prokudin A.V., Samandas A.M. Osnovnye i maloizuchennye bolezni tajmyrskoj populyacii dikih severnyh oleney // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2017.-N 1. S. 3-8. (In Russian)
30. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/221745456> (accessed 05.12.2020) (In Russian)
31. Specialisty zayavili o gibeli 95% obitatelej morskogo dna Avachinskoj buhty URL: <https://ria.ru/20201006/kamchatka-1578353516.html> (accessed 05.12.2020) (In Russian)
32. Orlova T.YU. Krasnye prilivy i toksicheskie mikrovdorosli v dal'nevostochnyh moryah Rossii // Vestnik DVO RAN. 2005. №1. S. 27-31. (In Russian)
33. Mirovoj okean i morskoe pravo. Doklad General'nogo sekretarya. 68 sessiya General'noj Assamblei OON. 36 s. URL: <https://www.refworld.org/cgi-bin/teaxis/vtx/rwmain/openssl.pdf?reldoc=y&docid=52a9874b4> (accessed 05.12.2020) (In Russian)
34. Rossijskie uchenye otkryli novyj mekhanizm zakisleniya vod v Severnom Ledovitom okeane URL: <https://pro-arctic.ru/19/04/2016/news/21133> (accessed 05.12.2020) (In Russian)
35. Frolov A.V. Gidrometeorologicheskoe obespechenie morskoy deyatel'nosti v Arktike: novye tekhnologii // Rossijskie polyarnye issledovaniya. 2014. № 4 (18). S. 3-5. (In Russian)
36. Thomson J., Swell and sea in the emerging Arctic Ocean WE Rogers Geophysical Research Letters 41 (9), 3136-3140/ (In English)
37. V Severnom Ledovitom okeane dajvery uvideli redchajshee prirodnoe yavlenie URL: [https://www.rusdialog.ru/science/187845\\_1570769815](https://www.rusdialog.ru/science/187845_1570769815) (accessed 06.12.2020) (In Russian)
38. Mezhdunarodnaya ekspediciya MOSAiC zavershila programmu issledovanij vblizi Severnogo polyusa URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/9718319> (Data obrashcheniya: 06.12.2020) (In Russian)
39. Arkticheskaya ekspediciya zayavila ob «umiranii» Severnogo Ledovitogo okeana URL: <https://mir24-tv.turbopages.org/mir24.tv/s/news/16430032/arkticheskaya-ekspediciya-zayavila-ob-umiranii-severnogo-ledovitogo-okeana> (accessed 06.12.2020) (In Russian)
40. Landrum, L., Holland, M.M. Extremes become routine in an emerging new Arctic. Nat. Clim. Chang. 10, 1108-1115 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0892-z> (In English)
41. Akimov V.A., Durnev R.A., Sokolov YU.I. Zashchita naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii v usloviyah izmeneniya klimata. Moskva. Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut po problemam grazhdanskoj oborony i chrezvyčajnyh situacij MCHS Rossii. 2016. 388 s.
42. Razumov V.V., Razumova N.V., Pchelkin V.I. Mashtaby i opasnost' navodnenij v Sibirskom regione Rossii // Nauka. Innovacii. Tekhnologii. № 4. 2015 g. S. 103-144. URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/nauka-innovatsii-tehnologii?i=1053228> (accessed 07.12.2020) (In Russian)
43. Bogoyavlenskij V.I. Ugroza katastroficheskikh vybrosov gaza iz kriolitozony Arktiki. Voronki YAmala i Tajmyra URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2014-09/2> (accessed 07.12.2020) (In Russian)
44. Ulomov V.I. Sejsmichnost' // Bol'shaya Rossijskaya Enciklopediya (BRE). Tom «Rossiya». 2004. S.34-39. (In Russian)
45. Sejsmichnost' i sejsmicheskoe rajonirovanie Severnoj Evrazii (Otv. red. V.I.Ulomov). Tom 1. M.: IFZ RAN. 1993. 303 s. i Tom 2-3. M.: OIFZ RAN. 1995. 490 s. (In Russian)
46. Konnova L.A., L'vova YU.V., Rudnev E.V. O problemnyh voprosah prirodnyh pozharov v Arkticheskoy tundre // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii». 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-problemnyh-voprosah-prirodnyh-pozharov-v-arkticheskoy-tundre> (accessed 07.12.2020) (In Russian)