

УДК 502(985)(08)  
ББК 20.1(00)я43  
Б 635

#### Научный комитет конференции:

##### Председатель

Чашин Валерий Петрович – д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки, главный научный сотрудник ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»;

##### Члены научного комитета

Сорокина Татьяна Юрьевна – к.ю.н., заведующая лабораторией арктического биомониторинга ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»;  
Гржибовский Андрей Мечиславович – PhD, начальник Управления по научной и инновационной работе ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, главный научный сотрудник лаборатории арктического биомониторинга ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»;

Аксенов Андрей Сергеевич – к.т.н., заведующий сектором лаборатории арктического биомониторинга ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова».

**Составители:** Т.Ю. Сорокина, Д.А. Коцур, Р.Д. Коробицына,

**Ответственный редактор** – Т.Ю. Сорокина

**Б 635 Биомониторинг в Арктике: сборник материалов III международной конференции (11–12 октября 2022 года) / отв. ред. Т.Ю. Сорокина; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2022. – 136 с.**

ISBN - 978-5-261-01627-4

Представлены материалы III международной конференции

«Биомониторинг в Арктике», которая проходила 11–12 октября 2022 года на базе ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» в г. Архангельске.

Для государственных служащих, научно-технических работников, профессорско-преподавательского состава, специалистов в области общественного здравоохранения, химии, биологии, географии, экономики, юриспруденции, студентов и аспирантов высших учебных заведений.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых статей. Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 502(985)(08)  
ББК 20.1(00)я43

ISBN - 978-5-261-01627-4

© Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Т.Ю. Сорокина О третьей международной конференции «Биомониторинг в Арктике - 2022».....	6
В.П. Чашин, Т.Ю. Сорокина Биозкологический мониторинг в арктической зоне российской федерации: основные принципы и критерии выбора индикаторов риска причинения вреда химическими веществами и патогенами, распространяемыми биологическими путями.....	7
И.Н. Безкоровина, О.М. Шабалина, И.Г. Гетте Почвенные микроартроподы тундровых экосистем в условиях техногенного влияния.....	10
К.Г. Боголицын, А.В. Одинцова, А.Э. Паршина, Д.А. Поломарчук Биологическая активность экстрактов морских бурых водорослей.....	13
С.А. Валькова Мониторинг экологического состояния водоемов г. Мурманска по показателям зообентоса.....	18
В. Ван, Е.В. Авакумов, А.А. Лахтинова, Г. Ли, П. Ли Методы и подходы восстановления окружающей среды на углепромышленной территории имени Мули в зоне многолетнемерзлых почв Цинхай-Тибетского плато.....	22
Ю.И. Варакина Уровень полихлорированных бифенилов и хлорорганических пестицидов в сыровотке крови жителей Арктики.....	25
А.В. Гончаров, А.С. Красавина, А.Н. Василенко, С.А. Агафонова Об изменении концентрации растворенного кислорода в северных реках зимой при потеплении климата.....	28
А.А. Горелова, М.В. Никитина Исследование фитотоксичности компонентов некоторых отходов с целью изготовления субстратов для применения их в сельском хозяйстве.....	31
Ю.С. Григорьев, Т.Л. Шапкова, Е.С. Стравинскене, Н.К. Артына, М.В. Картов Оперативные методы биотестирования токсичности пресных и высокоминерализованных водных сред.....	33
А.М. Жиркова, А.Б. Воликов, Д.С. Волков, Е.Е. Буйко, М.В. Зыкова, И.В. Перминова Получение комплексов оксидов железа (III) с гуминовыми макролигандами для коррекции железодефицитной анемии.....	37
З.М. Загодын, А.С. Иванов Медико-социальные аспекты распространения ВИЧ-инфекции среди жителей арктических регионов России.....	39
Е.А. Зацаринная Распространение антибиотикоустойчивых колимформных бактерий на отдельных участках акватории реки Паз и ее притоков.....	47
И.В. Зацаринный, Н.В. Поликарпова, У.Ю. Шаврина Пространственное распределение водоплавающих и околоводных видов птиц на акватории реки Паз в границах заповедника «Пасвик».....	50
И.В. Зацаринный, У.Ю. Шаврина, Е.В. Валова, О.В. Натальская Орнитофауна гористых районов южного берега Варангер-Фьорда.....	52
В.Н. Зеленков, М.И. Иванова Повышение качества растительной продукции с использованием агробиотехносистем и биотехнологий – перспективное направление для поддержания медико-экологического благополучия населения в Арктике.....	54
Н.В. Зуева, Ю.А. Зуев, Е.Р. Орлова, О.Г. Гришуткин, А.А. Бобров Анализ факторов, влияющих на разнообразие макрофитов ряда рек севера Мурманской области.....	57
Е.М. Ключникова, В.А. Маслюбов Опыт применения методов гражданской науки для проведения экологического мониторинга в Арктике.....	59
Н.А. Кондратов Опорные зоны промышленного освоения Российской Арктики.....	62

Пик исследований воздействия ПХБ на модельных организмах приходится на начало 1980-х годов, когда было опубликовано максимальное количество исследований воздействия ПХБ на крысах. И ближе к концу 1970-х годов на мышах. После чего интерес к исследованиям подобного рода стал резко снижаться. Однако, с ближе к 2000-м ученые начали исследовать воздействие ПХБ на рыбах *Danio rerio* (zebrafish) и с тех пор их популярность как модельного организма только растет. На данный момент эти рыбы весьма популярны в США, Китае и в некоторых странах ЕС. В РФ эти рыбы не популярны, так как из всех статей, которые были обнаружены по запросу в научной базе данных Scopus, выявлено очень мало исследований, авторами или соавторами которых выступили российские ученые. Популярность рыб *Danio rerio* как модельного организма растет в силу их неприхотливости в содержании и короткой генерации поколений в отличие от грызунов.

В связи с распространением ПХБ и других СОЗ в экосистемах, в том числе и в Арктике, была образована Программа мониторинга и оценки Арктики (AMAP - Arctic Monitoring and Assessment Programme). Ученые в рамках данной программы провели несколько комплексных исследований, на основе которых составлены отчеты о здоровье населения Арктики. Эта программа была основана в 1991 году. Отчеты о здоровье населения были составлены на 1998, 2002, 2009, 2015 и 2021 года. [6]

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (договор от 22.03.2022 № 22-15-20076).*

#### Список литературы:

1. UNEP United Nations Environment Programme. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) – 2018. – URL: <https://doi.org/10.1351/goldbook.s06019> (дата обращения: 2022-08-01).
2. Audy O., Kukucka P., Klarova J., Becanova J., Vojta S., Melymuk L., Romanak K., Vykoukalova M., Diamond M.L., Venier M., Prokes R. PCBs and organochlorine pesticides in indoor environments - a comparison of indoor contamination in Canada and Czech Republic // *Chemosphere*. – 2018. – Vol. 206. – P. 622–631.
3. Furukawa K., Fujihara H. Microbial degradation of polychlorinated biphenyls: biochemical and molecular features // *Journal of Bioscience and Bioengineering*. – 2008. – Vol. 105, № 5. – P. 433–449.
4. Passatore L., Rossetti S., Juwarkar A.A., Massacci A. Phytoremediation and bioremediation of polychlorinated biphenyls (PCBs): state of knowledge and research perspectives // *Journal of Hazardous Materials* – 2014. – Vol. 278. – P. 189–202.
5. Hu D., Hornbuckle K.C. Inadvertent polychlorinated biphenyls in commercial paint pigments // *Environmental Science & Technology* – 2010. – Vol. 44, № 8. – P. 2822–2827.
6. AMAP Assessment 2021: Human Health in the Arctic // Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Tromsø, Norway. – xii + 254 pp.

## КЛЮЧЕВЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРИОКОНИТОВ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ ЛЕДНИКА БЕЗЕНГИ, ВЫСОКОГОРЬЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

И.Д. Кушнов<sup>1</sup>, Е.В. Абакумов<sup>1</sup>, Р.Х. Темботов<sup>2</sup>, Т.И. Низамутдинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет Санкт-Петербурга, Россия  
<sup>2</sup>Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН  
Нальчик, Россия

**Аннотация:** Проблема детрадации ледников в полярных и высокогорных районах тесно связана с криоконитами – темноокрашенными отложениями на их поверхности. Криокониты способны не только уменьшать альbedo поверхности ледника, но и выступать в качестве «микробиологического оазиса», накапливать органический углерод и различные загрязняющие вещества, например, тяжелые металлы, которые впоследствии могут переноситься в прилегающие экосистемы. Целью данного исследования является изучение ключевых эколого-геохимических характеристик криоконитов ледника Безенги, Центральной Кавказ, и их влияния на почвы прилегающего Хуламо-Безенгийского ущелья. Результаты показали, что криокониты являются источником микробиологической активности на поверхности ледника. Лабильные соединения органического углерода, накапливающиеся в криоконитах, преимущественно мигрируют с водными потоками в почвы, что увеличивает микробиологическую активность в последних. Криокониты аккумулируют тяжелые металлы, преимущественно цинк, свинец и медь, которые путем флювиального и золотого переноса увеличивают уровень загрязнения горных почв, и могут влиять на экологическую и продовольственную безопасность региона.

**Ключевые слова:** криокониты, почвы, органический углерод, тяжелые металлы, загрязнение

Проблема стремительного отступления ледников ярко выражена во многих высокогорных и полярных областях. Черный углерод считается одним из важнейших компонентов загрязнения, способствующих глобальному изменению климата и таянию ледников путем образования темноокрашенных отложений – криоконитов, снижающих альbedo поверхности. Криоконитами называют отложения в надлениковой зоне, представляющий собой смесь черного углерода, минеральных частиц, микроорганизмов и органического вещества, который впервые был обнаружен скандинавским исследователем Отто Норденшёльдом [1]. Криокониты населены разнообразными микроорганизмами и способны накапливать органический углерод, которые путем золотого переноса и с флювиогляциальными потоками может переноситься в нижележащие экосистемы. Это может влиять на их свойства, в том числе способствуя ускорению формирования почв на ледниковом (криоконитовом) материале, что особенно актуально в контексте глобального изменения климата. Кроме того, криокониты являются накопителем различных загрязнителей, например, тяжелых металлов, которые также могут переноситься на прилегающие территории.

Активная деградация отмечается и на территории Центрального Кавказа, где за 21 век площадь ледников сократилась на 23% [2]. В Кавказском хребте расположено более 1700 ледников [3], которые преимущественно отступают. Криокониты могут принести аллохтонные химические вещества в уязвимые высокогорные экосистемы, а тяжелые металлы способны увеличивать уровень

загрязнения почв. Это критически важно, как для устойчивости окружающей среды, так и для местного населения, которое использует почвы для выращивания сельскохозяйственных культур и выпаса скота, а также для агрохолдингов, использующих земли у подножья гор.

Таким образом, целью нашего исследования было изучение ключевых геохимических особенностей криоконитов и почв Центрального Кавказа. Образцы криоконитов были отобраны с поверхности, с трещин и из «криоконитовых стаканов» ледника Безенги, крупнейшего долинного ледника Кавказа. Также отбор образцов проводился из конечной морены и почвоподобных тел, образовавшихся в результате схода, если несколько лет назад. Для изучения влияния криоконитов на почвы в прилежащем Хуламо-Безенгийском ущелье были отобраны горные лесолуговые и горно-луговые субальпийские почвы [4]. По общепринятым методам [5] были определены такие физико-химические параметры как pH H<sub>2</sub>O, pH KCl, содержание органического углерода, значения базального дыхания (микробиологическая активность) и гранулометрический состав. Содержание тяжелых металлов (Cu, Pb, Zn, Ni, Cd) определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Почти все образцы криоконитов ледника Безенги имели нейтральную реакцию среды, в то время как некоторые образцы горных почв ущелья Хуламо-Безенги характеризовались как слабокислые и кислые, особенно в отношении обменной кислотности. Это указывает на присутствие иллитной фракции или органического вещества, а также на разнообразие минералогического состава, которые увеличивают поглонительную способность для ионов водорода в кислых почвах, тем самым подкисляя почвенный раствор [6]. Значения базального дыхания варьировали от 5,48 мг CO<sub>2</sub>/100 г мелкозема в сутки в морене до 35,09 мг CO<sub>2</sub>/100 г мелкозема в сутки в верхнем горизонте горных почв. В целом, относительно высокие значения базального дыхания были характерны для горных почв, что также отмечалось в криоконите из трещин и «стаканов» из-за большого количества легкоусвояемого органического вещества. Большинство криоконитов и морен с ледника Безенги характеризовались низким содержанием органического углерода (около 0,10%), тогда как в верхних горизонтах горных почв эти значения были наиболее высокими (до 7,54%), что преимущественно связано с поступлением криоконитового материала в почвы с водными потоками в теплый период года. Высокая микробиологическая деятельность в криоконитах и перенос углерода с поверхности ледника может повлиять на скорость развития первичных почв на месте отступающего ледника.

Криоконит и морены характеризовались доминированием скелетной фракции, а почвы – преобладанием мелкозема. Изучение мелкозема криоконитов и почв показало преобладание песчаной фракции (d=0,05-1мм) в обеих группах материалов, что говорит о низкой степени выветривания и схожести поступающего материала. Кроме того, было выявлено [7], что горные массивы препятствуют атмосферному переносу мелкозема из удаленных регионов, в то время как стены долины служат источником крупной фракции. Это характерно и для Центрального Кавказа, который является частью большой горной системы.

На леднике Безенги были определены высокие концентрации Zn (70,9 мг/кг) и Pb (30,0 мг/кг) в криоконитах, что может быть обусловлено как локальной антропогенной деятельностью, так и аллохтонным загрязнением, связанным с поступлением загрязненных воздушных масс из других регионов, преимущественно из Северной Африки и Западной Азии [8]. Содержание Cu (макс. 17,4 мг/кг), Ni (макс. 19,0 мг/кг) и Cd (макс. 0,052 мг/кг) было низким. Однако концентрации Zn (макс. 89,2 мг/кг) и Cd (макс. 0,313 мг/кг) в изучаемых почвах, были выше, чем в криоконитах, что свидетельствует о миграции тяжелых металлов

с поверхности ледника в нижележащие экосистемы. Это может сказаться на продовольственной безопасности высокогорных районах и у подножья гор, а также негативно повлиять на состояние окружающей среды и здоровье местного населения.

Полученные в результате исследования данные указывают на возможное влияние криоконитов на горные почвы ввиду их физико-химической схожести, что обусловлено переносом материала. Таким образом, влияние криоконитов в гляциальных и перигляциальных системах необходимо учитывать, как с точки зрения развития почв после отступления ледника, так и с точки зрения мониторинга состояния окружающей среды и сельскохозяйственного потенциала.

Работа проведена при финансовой поддержке Росейского фонда фундаментальных исследований, грант № 19-05-50107 «Роль микрофрагментов органического углерода в деградационных процессах покровы полярных регионов Земли и в формировании почвоподобных тел».

#### Список литературы:

1. Nordenskjöld A.E. Cryoconite found 1870, July 19th-25th, on the inland ice, east of Auleitsvik Fjord, Disco Bay, Greenland // *Geology Magazine*, Decade 2. – 1875. – № 2. – С. 157–162.
2. Teldtze L.G., Nosenko G.A., Khromova T.E., Paul F. Strong acceleration of glacier area loss in the Greater Caucasus between 2000 and 2020 // *The Cryosphere*. – 2022. – Т. 16, № 2. – С. 489–504.
3. Кутузов С.С., Лаврентьев И.И., Василенко Е.В., Мачерет Ю.Я., Петраков Д.А., Попов Г.В. Оценка объема ледников Большого Кавказа по данным радиозондирования и моделирования // *Криосфера Земли*. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 78–88.
4. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос. – 1977. – 280 с.
5. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ. – 1998. – 272 с.
6. Середина В.П., Спирина В.З. Показатели и методы оценки кислотности основных и катионообменных свойств почв: учебное пособие. Томск: Изд-во ТГУ. – 2009. – 130 с.
7. Abakumov E., Nizamutdinov T., Yaneva R., Zhiyanski M. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Potentially Toxic Elements in Soils of the Vicinity of the Bulgarian Antarctic Station “St. Kliment Ohridski” (Antarctic Peninsula) // *Frontiers in Environmental Science*. – 2021. – №. 9. – С. 127.
8. Кутузов С.С., Михаленко В.Н., Шахгеданова М., Жино П., Козачек А.В., Лаврентьев И. И., Кудерина Т. М., Попов Г. В. Пути дальнего переноса пыли на ледники Кавказа и химический состав снега на Западном плато Эльбруса // *Лёд и Снег*. – 2015. – Т. 54, №. 3. – С. 5–15.