



ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ

Сборник материалов
XI Международной научной конференции

15-17 октября 2025 года

2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

**ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ
РОССИИ И НА СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

Сборник материалов XI Международной научной конференции

г. Белгород, 15–17 октября 2025 года



Белгород 2025

УДК 504.062+502.3(470+1-854)

ББК 28.081+20.1

П 78

Печатается по решению редакционно-издательского совета института наук о Земле
НИУ «БелГУ» (протокол № 3 от 02.10.2025)

Рецензенты:

Л.Г. Смирнова, доктор биологических наук, профессор, ученый секретарь
ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»;

А.Г. Корнилов, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии,
геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле НИУ «БелГУ»

Организационный комитет:

*И.М. Игнатенко (председатель),
Т.А. Полякова (сопредседатель), А.Г. Нарожная (секретарь)*

П 78 Проблемы природопользования и экологическая ситуация
в Европейской России и на сопредельных территориях: сборник
материалов XI Международной научной конференции (г. Белгород,
15–17 октября 2025 года) / под ред. А.Г. Нарожней. – Белгород:
ЦПП ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2025. – 644 с. – URL:
<http://dspace.bsuedu.ru/handle/123456789/65468> – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9571-3928-7

В сборнике материалов научной конференции рассматриваются актуальные
проблемы, связанные с использованием природных ресурсов и экологической
ситуацией в России и соседних государствах. Анализируются перспективы
устойчивого развития регионов, обсуждаются возможности совершенствования
способов управления природопользованием, новые подходы и технологии
рационального природопользования и ресурсосбережения. Особое внимание
уделяется рассмотрению региональных геоэкологических проблем и ситуаций,
теоретическим и практическим вопросам экологической диагностики территорий,
использования геоинформационных систем, инженерно-экологическим проблемам
недропользования.

Сборник рассчитан на широкий круг научных работников, специалистов-
экологов, преподавателей высшего и среднего образования, аспирантов и всех
интересующихся экологической проблематикой.

Минимальные системные требования

Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т. п.
скорость подключения – не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т. п.

УДК 504.062+502.3(470+1-854)

ББК 28.081+20.1

ISBN 978-5-9571-3928-7

© НИУ «БелГУ», 2025

УДК 614.771

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ
КРИОКОНИТОВ И ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННО-НАГРУЖЕННЫХ
УЧАСТКОВ ПРИЭЛЬБРУСЬЯ И ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ
ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

Кушнов И. Д.¹, Темботов Р. Х.^{1, 2}, Нехаев И. О.^{1, 3}

E-mail: st084838@student.spbu.ru

Научный руководитель: Абакумов Е. В., и. о. заведующего кафедрой
прикладной экологии СПбГУ, д. б. н., профессор, профессор РАН

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, Россия,*

²*Институт экологии горных территорий им. А. К. Темботова, Нальчик,
Россия,*

³*Институт зоологии РК, Алматы, Казахстан*

Горные территории являются зонами с высоким уровнем биоразнообразия и предоставляют множество экосистемных услуг, но в то же время крайне чувствительны к антропогенному вмешательству. Отложения на поверхности ледников – криокониты – и почвы перигляциальной зоны в последние годы подвергаются дополнительной антропогенной нагрузке из-за активного развития туризма в высокогорных областях как в России, так и в Казахстане. Это обуславливает строительство инфраструктуры, увеличение туристических потоков и автомобильного транспорта, что приводит к дополнительному загрязнению ледниковой поверхности и прилегающих почв, в частности, тяжелыми металлами. В данной работе было исследовано загрязнение криоконитов и почв г. Эльбрус (ледник Малый Азау, ледник Гарабаши) и Заилийского Алатау (ледник Богдановича) тяжелыми металлами (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Результаты показывают более высокий уровень загрязнения Заилийского Алатау всеми тяжелыми металлами, в особенности кадмием, что в первую очередь связано с близостью промышленного центра Алматы. Негативное влияние туризма проявляется преимущественно в повышении концентраций меди и цинка, а криокониты способны накапливать поллютанты на уровне локальных почв, что может привести к дополнительной нагрузке на экосистемы. Рекомендуется развитие экотуризма в данных регионах, а также контроль пастбищной деятельности и качества водных ресурсов.

Ключевые слова: Эльбрус, Тянь-Шань, туризм, ледники, перигляциальная зона, загрязнение, экотоксикианты

В связи с ростом внутреннего туризма количество людей, желающих посетить высокогорные территории с их живописными горными ущельями и ледниками, увеличивается ежегодно. Только национальный парк «Приэльбрусье» посещают более 300 тыс. человек в году и это число постоянно увеличивается [Тамахина, 2023]. В Казахстане горные территории также являются популярным местом отдыха. Крупнейшими высокогорными курортами являются Медеу и Шымбулак, на которые приходится около 20 %

всего туристического потока Казахстана (вместе с Алматинской агломерацией), что составляет более миллиона человек ежегодно [Issakov et al., 2025]. Растущий туристический поток обуславливает присутствие и развитие соответствующей инфраструктуры: автодороги, канатные дороги, рестораны и гостиницы, а также строительные работы, что усиливает негативное воздействие на местные экосистемы, особенно загрязнение почв и супрагляциальных отложений (криоконитов) тяжелыми металлами. Решение этой проблемы требует комплексного подхода для предотвращения загрязнения опасными веществами, что критически важно, как для сохранения качества экосистем и оздоровительного туризма, так и для перспективного развития сельского хозяйства в условиях отступающих ледников и глобального изменения климата. Важную роль в распространении загрязнения играют криокониты – темноокрашенные отложения на поверхности ледников, содержащие минеральные и органические частицы, а также черный углерод [Cook et al., 2016]. Они накапливают поллютанты, включая тяжелые металлы, и в период таяния ледников (абляции) разносятся флювиогляциальными и эоловыми потоками, осаждаясь на поверхности прилегающих почв. Кроме того, в Приэльбрусье и Заилийском Алатау находится множество ледников, покрытых криоконитами, которые являются основным источником пресной воды для миллионов людей, качество которой тесно связано с состоянием криоконитов и почв. Таким образом, целью исследования является изучение особенностей загрязнения криоконитов и перигляциальных почв двух антропогенно-нагруженных горных территорий, находящихся в различных горных системах.

Исследование было направлено на оценку загрязнения тяжелыми металлами криоконитов и горных почв на Центральном Кавказе (Приэльбрусье) и Северном Тянь-Шане (Заилийский Алатау). В Приэльбрусье отбор проб криоконитов проводился с поверхности ледника Гарабаши на различных высотах. Почвы были отобраны в ущелье Терскол, непосредственно примыкающего к г. Эльбрус, и определены следующим образом: темно-гумусовая органо-аккумулятивная на моренных отложениях, торфяные эутрофные, органо-аккумулятивная темногумусовая на пролювиальных отложениях [Классификация..., 2004]. В Заилийском Алатау (окрестности горнолыжного курорта «Шымбулак») пробы криоконитов были взяты с поверхности ледника Богдановича, а почвы (органо-аккумулятивная серогумусовая аллювиальная) – в Левом Талгарском ущелье. Содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) определялось методом атомно-абсорбционной спектрометрии, статистическая обработка данных проводилась с использованием U-теста Манна-Уитни для выявления значимых различий. Для определения степени загрязнения использовались следующие индексы: индекс загрязнения (PI), комплексный индекс загрязнения (PLI), комплексный индекс экологического риска (RI). Расчет индексов проводился согласно общепринятым формулам [Kowalska et al.,

2018], за фоновые значения брались результаты предыдущих исследований ненарушенных почв в данных регионах вдали от антропогенной деятельности [Sefrma et al., 2008; Degtyareva et al., 2020].

Проведенное исследование показывает значительно более высокий уровень загрязнения всеми исследуемыми тяжелыми металлами на участке в Заилийском Алатау, чем в Приэльбрусье (рис. 1).

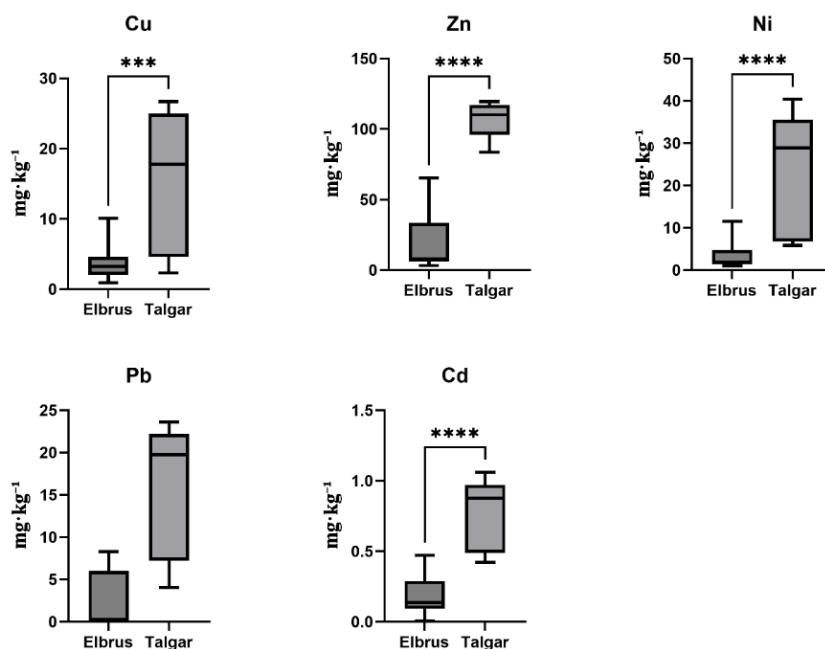


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в криоконитах и почвах Приэльбрусья (слева) и Заилийского Алатау (справа)

Наибольшее накопление отмечено для цинка (более 100 мг/кг) и никеля (около 40 мг/кг), при этом, в Приэльбрусье концентрации этих тяжелых металлов в разы ниже. Это может быть связано с близостью Заилийского Алатау к крупному городу Алматы, который является крупным промышленным центром и источником поллютантов, которые с атмосферным переносом попадают в горные районы и осаждаются в высокогорьях. Влияние естественного геологического фактора неспособно обеспечить такую существенную разницу, так как состав почвообразующих горных пород схож между участками исследования и состоит преимущественно из гранитов и гнейсов [Богоявленская и др., 1991].

Для учета локальных особенностей и понимания загрязнения конкретных участков был рассчитан индекс PI (рис. 2, рис. 3).

Отмечается, что криокониты на поверхности ледника Богдановича загрязнены каждым из исследуемых тяжелых металлов существенно меньше, чем почвы Левого Талгарского ущелья, которое находится в непосредственной близости от курорта «Шымбулак». Это, помимо более высокой сорбционной емкости почв, указывает на негативное влияние локального туризма, так как горные хребты являются естественной

преградой для переноса поллютантов, которые в первую очередь осаждаются на поверхность прилегающих почв.

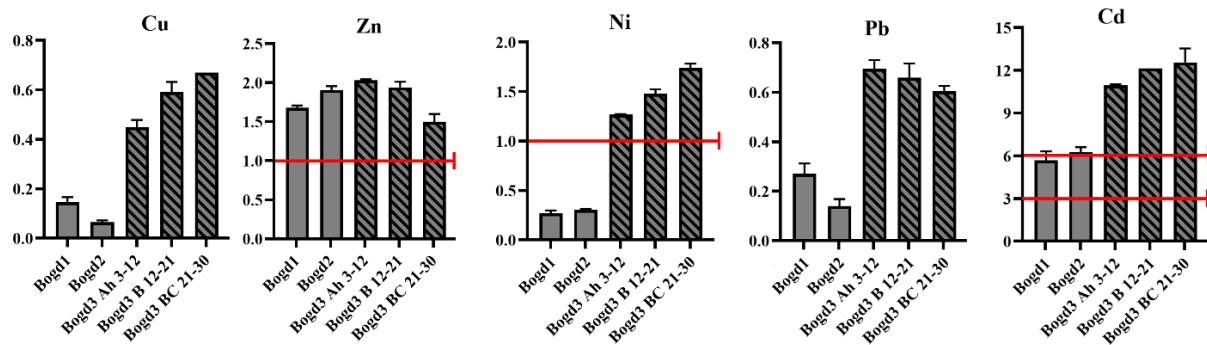


Рис. 2. Индекс PI для криоконитов (серая заливка, слева) и почвы (черная штриховка, справа) Заилийского Алатау

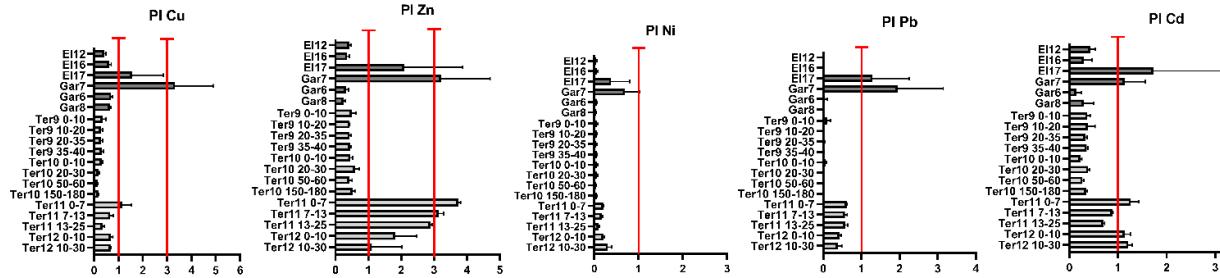


Рис. 3. Индекс PI для криоконитов (сверху, темно-серая заливка) и почв (снизу, светло-серая заливка) Приэльбрусья

При этом, наибольшие значения PI характерны для кадмия (до уровня высокого загрязнения) и цинка (на уровне слабого загрязнения). Ранее проведенное исследование [Baubekova et al., 2021] показало сильное загрязнение почв Алматинской агломерации кадмием, связанное с промышленной деятельностью, что может влиять на концентрации данного элемента в ледниковой и перигляциальной зоне из-за атмосферного переноса. Повышенные концентрации цинка могут быть связаны непосредственно с локальной туристической деятельностью, в частности, локальным источником цинка часто выступают автомобильные шины, лакокрасочные и строительные материалы, сжигание ископаемого топлива, а также почвенная эрозия, связанная с движением больших групп людей [Gilardoni et al., 2022]. При этом, относительно высокие концентрации цинка в криоконитах объясняются большим количеством Zn-содержащих минералов, не подвергшихся выветриванию или переносу, то есть естественным фактором.

В Приэльбрусье большее загрязнение характерно для криоконитов, в особенности медью и цинком, что преимущественно связано с непосредственной близостью ледника Гарабаши к объектам туристической инфраструктуры. Почвы были умеренно загрязнены только цинком, особенно в верхних горизонтах, что, вероятно, также связано с влиянием автотранспорта и строительства, что указывалось ранее.

Загрязнение всеми тяжелыми металлами (индекс PLI) различается между исследуемыми участками: для Приэльбрусья большее загрязнение характерно для криоконитов, а в Заилийском Алатау – для почв (рис. 4, сверху). При этом, риск для экосистем (индекс RI), связанный с загрязнением, в Приэльбрусье характерен только для отдельных криоконитов и верхнего горизонта одной почвы, и оценивается как низкий, в то время как для криоконитов и почв Заилийского Алатау характерны высокий и очень высокий уровни риска, соответственно (рис. 4, снизу). Это связано как с более высокими общими концентрациями тяжелых металлов в образцах, так и с высоким содержанием кадмия, который обладает высокой экотоксичностью.

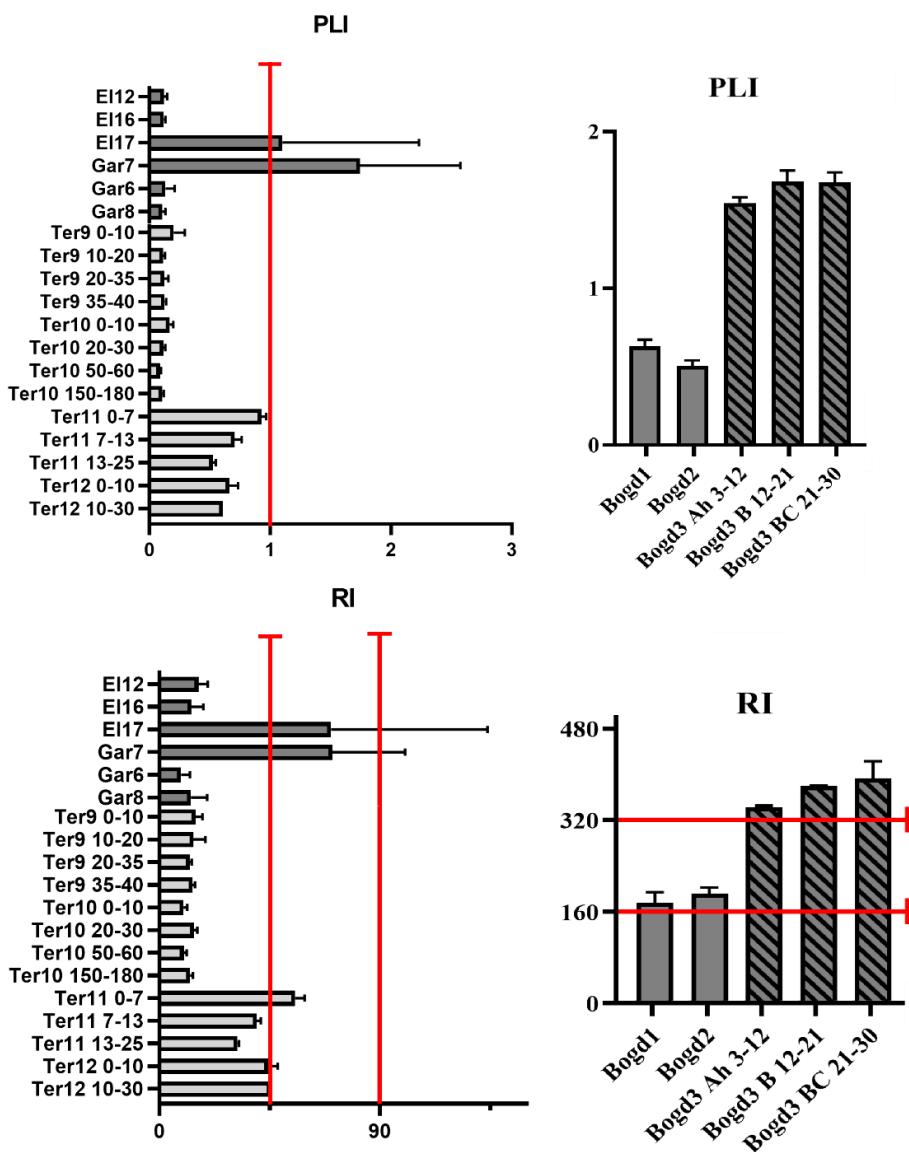


Рис. 4. Значения индексов PLI и RI в исследуемых криоконитах и почвах

Таким образом, было установлено, что значительно более высокий уровень загрязнения характерен для высокогорных экосистем Заилийского

Алатау, чем для Приэльбрусья, что преимущественно связано с близостью крупного промышленного центра Алматы. Туристическая деятельность оказывает равное негативное воздействие на почвы и криокониты, и преимущественно связано с близостью инфраструктуры и дополнительным поступлением меди и цинка. При этом показано, что криокониты способны эффективно аккумулировать тяжелые металлы, перенос которых может усилить загрязнение перигляциальных почв. Несмотря на отсутствие прямой опасности таких концентраций для здоровья человека, следует принимать во внимание риски, связанные с пастищной деятельностью и возможной биоаккумуляцией поллютантов, а также их перенос в водные объекты. Для уменьшения негативного влияния рекомендуется развитие эко-туризма, связанного с регуляцией численности туристов, их перемещение по организованным тропам и уменьшение локального сжигания ископаемого топлива.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 24-44-00006 «Сравнительное метагеномное исследование микробиома углеродного цикла в регионах вечной мерзлоты на полуострове Ямал и Цинхай-Тибетском нагорье».

Литература

1. Богоявленская О. В., Пучков В. Н., Федоров М. В. Геология СССР. – М.: Недра, 1991. – 240 с.
2. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
3. Тамахина А. Я. Мониторинг биоразнообразия флоры горы Чегет (Приэльбрусье) //Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. ВМ Кокова. – 2023. – №. 3 (41). – С. 7-20.
4. Baubekova A. et al. Evaluation of environmental contamination by toxic trace elements in Kazakhstan based on reviews of available scientific data //Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – T. 28. – №. 32. – C. 43315-43328.
5. Cook J. et al. Cryoconite: the dark biological secret of the cryosphere //Progress in Physical Geography. – 2016. – T. 40. – №. 1. – C. 66-111.
6. Degtyareva T. V., Melnichuk V. V., Karavaev Y. Regularities of formation of mountain-forest soils' microelement composition of western Caucasus //Sustain Dev Mt Territ. – 2020. – T. 44. – C. 211-220.
7. Gilardoni S., Di Mauro B., Bonasoni P. Black carbon, organic carbon, and mineral dust in South American tropical glaciers: A review //Global and Planetary Change. – 2022. – T. 213. – C. 103837.
8. Issakov Y. et al. Opportunities and perspectives of formation of the mountain tourism cluster in Almaty agglomeration //Geo Journal of Tourism and Geosites. – 2025. – T. 58. – №. 1. – C. 105-118.
9. Kowalska J. B. et al. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination–A review //Environmental geochemistry and health. – 2018. – T. 40. – №. 6. – C. 2395-2420.
10. Sefrna L. et al. Trace elements in soils in the northern and the central Tian-Shan (Kazakhstan-Kyrgyzstan) //Geografie. Sbornik Ceské geografické společnosti. – 2008. – T. 113. – №. 3. – C. 253-268.