

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ И КРИОКОНИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

И. Д. Кушнов¹, Е. В. Абакумов¹, Р. Х. Темботов², В. И. Поляков¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
st084838@student.spbu.ru, e_abakumov@mail.ru, slavon6985@gmail.com

²Институт экологии горных территорий им. А. К. Темботова РАН, Нальчик, Россия
tembotov.rustam@mail.ru

Деградация ледников на Центральном Кавказе приводит к изменению экосистем на территории данного региона. Криокониты – темноокрашенные отложения, образующиеся в результате взаимодействия минеральных частиц, черного углерода и микроорганизмов, способны не только ускорять дегляциацию, но и влиять на почвенный покров прилегающих территорий. Криокониты могут накапливать различные микроэлементы, в том числе тяжелые металлы, которые затем с потоками талой воды переносятся в местные почвы. Кроме того, криокониты способны играть роль в образовании первичных почв на территориях, ранее занятых ледовым покровом, за счет сходных физико-химических свойств и микробиомного состава. Учитывая стремительное отступление ледников и недостаточную изученность влияния криоконитов на почвы перигляциальной зоны Центрального Кавказа, необходимо исследовать и оценить геохимические особенности почв и различных отложений в данном регионе.

Целью данного исследования является изучение и сравнение физико-химических и геохимических параметров криоконитов ледников Центрального Кавказа. Отбор почв (черноземы, горно-луговые и горные лесо-луговые почвы [5]) был произведен из трех разрезов, заложенных в Баксанском ущелье, на территории которого также был отобран селевой почвоподобный материал. Были отобраны образцы криоконитов и аллювиальных отложений с ледника Шхельда, а также образцы криоконитов и моренных отложений с ледника Гарабаши. По общепринятым методам [2; 6] были определены следующие физико-химические особенности: pH (H₂O, KCl), содержание углерода органического происхождения (косвенным методом И. В. Тюрина), уровень базального дыхания, плотность твердой фазы, гранулометрический состав, содержание скелетной фракции ($d > 1$ мм) и мелкозема ($d < 1$ мм). Содержание органического углерода и азота также было определено прямым методом при помощи элементного CHN-анализатора (Elementar Analyse Systeme GmbH, Vario MAX, Italy). Определение агрохимических характеристик (подвижный фосфор, подвижный калий, аммонийный азот, нитратный азот) и содержания тяжелых металлов (медь, свинец, цинк, никель, кадмий) производилось в соответствии с государственными и международными стандартами [3; 4; 7]. Для оценки уровня загрязнения изучаемых почв и отложений были рассчитаны следующие показатели: индекс геоаккумуляции (Geoaccumulation index, I_{geo}), фактор загрязненности (Contamination factor, CF), степень загрязнения (Degree of contamination, C_{degree}) и модифицированная степень загрязнения (mC_{degree}).

В результате проведенных исследований были отмечены следующие физико-химические особенности изученных материалов. Значения кислотности водной и солевой вытяжек изменяются от слабокислых до слабощелочных как в криоконитах и других отложениях, так и в почвах перигляциальной зоны. Общее содержание углерода органического происхождения достаточно низкое во всех образцах, однако его количество возрастает в изученных почвах за счет накопления углерода в мелкоземе под влиянием первичной растительности (до 7,82 %). В большинстве образцов криоконитов значения содержания органического углерода, определенного косвенным методом И. В. Тюрина, больше, чем при определении прямым методом при помощи элементного CHN-анализатора, что указывает на анаэробные условия [1]. В то же время при исследовании почв наблюдается обратная ситуация, что свидетельствует о аэробных условиях и, следовательно, различном наборе микроорганизмов. Отмечаются большие значения соотношения C/N в местных почвах. Значения базального дыхания были определены во всех образцах, что подтверждает микробиологическую активность в изучаемых отложениях, при этом в среднем более развитые почвы данного региона характеризуются более высокими значениями. Плотность твердой фазы криоконитов варьирует в большем диапазоне значений, чем плотность почв перигляциальных территорий, что связано с разнообразием источников поступающего материала. Однако при исследовании гранулометрического состава было отмечено доминирование песчаной фракции ($d = 1-0,05$ мм) в подавляющем большинстве образцов.

При исследовании агрохимических характеристик отмечается значительно большее накопление подвижного фосфора в отложениях (до 557 мг·кг), по сравнению с изучаемыми почвами (до 366 мг·кг в горно-луговых почвах и до 27 мг·кг в черноземе), что связано с его поглощением растительностью, которая произрастает на изучаемых почвах. Содержание подвижного калия высокое в криоконитах с ледника Гарабаши и горно-луговых почвах (до 476 мг·кг), но значительно снижается в криоконитах с ледника Шхельда и черноземе (до 55 мг·кг), что связано с различными источниками поступающего материала. Накопление аммонийного азота наблюдается в криоконитах с ледника Гарабаши, где значения существенно выше, чем в почвах и криоконитах с ледника Шхельда, что указывает на активный процесс аммонификации и присутствие микроорганизмов-аммонификаторов. В то же время содержание нитратного азота в изучаемых почвах значительно выше, чем в криоконитах и других отложениях, где в большинстве образцов оно определяется на уровне нуля.

Наибольшее содержание тяжелых металлов отмечается в криоконитах с ледника Гарабаши и горно-луговых почвах, что связано с активным развитием рекреационной деятельности в верхней части Приэльбрусья (строительство трасс и гостиниц, присутствие большого количества туристов) и переносом веществ из криоконитов на прилегающие территории. Среди определенных тяжелых металлов наибольшие значения характерны для цинка (до 62,00 мг·кг в криоконитах и до 60,50 мг·кг в горно-луговых почвах), наименьшие для кадмия. При этом самые высокие значения, за исключением меди, наблюдаются в криоконитах с ледника Гарабаши, что говорит о его вероятной роли в загрязнении

почв перигляциальных территорий. При определении индекса геоаккумуляции и фактора загрязненности было отмечено загрязнение цинком, свинцом и медью горно-луговых почв от «слабо загрязненных» до «умеренно загрязненных» и криоконитов с ледника Гарабаши до «умеренно загрязненных». Остальные отложения и почвы характеризуются низким уровнем загрязнения в отношении всех элементов. Суммарное определение загрязненности исследуемых материалов всеми металлами путем расчета степени загрязнения и модифицированной степени загрязнения показало, что черноземы и криокониты с ледника Шхельда, как и большинство других отложений, характеризуются значениями, близкими к нулевым, с низким уровнем загрязнения, в то время как для криоконитов с ледника Гарабаши и горно-луговых почв отмечаются более высокие значения, однако не превышающие уровень умеренного загрязнения.

Полученные в результате исследования свидетельствуют об определенной схожести криоконитов и почв перигляциальных территорий по физико-химическому составу, при этом отмечается влияние криоконитов на агрохимические и геохимические особенности изучаемых почв.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 19-05-50107 «Роль микрочастиц органического углерода в деградации ледникового покрова полярных областей Земли и в формировании почвоподобных тел».

Литература

1. Абакумов Е. В., Попов А. И. Определение в одной пробе почвы углерода, азота и окисляемости органического вещества и углерода карбонатов // Почвоведение. 2005. № 2. С. 186–194.
2. Воробьева Л. А. Химический анализ почв : учебник. М. : Изд-во МГУ, 1998. 272 с.
3. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М. : Стандартинформ, 2011. 12 с.
4. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. М. : Изд-во стандартов, 1985. 8 с.
5. Классификация и диагностика почв России / под ред. Г. В. Добровольского. Смоленск : Ойкумена, 2004. 343 с.
6. Bowman G. M., Hutka J. Particle size analysis // Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation. Victoria : CSIRO Publishing, 2002. P. 224–239.
7. ISO 11047-1998. Soil Quality. Determination of Cadmium, Cobalt, Copper, Lead, Manganese, Nickel and Zinc in Aqua Regia Extracts of Soil – Flame and Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Methods. International Organization for Standardization, 1998. 18 p.

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOILS AND CRYOCONITE OF THE CENTRAL CAUCASUS

I. D. Kushnov¹, E. V. Abakumov¹, R. Kh. Tembotov², V. I. Polyakov¹

¹Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation
st084838@student.spbu.ru, e_abakumov@mail.ru, slavon6985@gmail.com

²Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories RAS, Nalchik, Russian Federation
tembotov.rustam@mail.ru

The degradation of glaciers in the Central Caucasus region leads to changes in the ecosystems in this region. Cryoconite – dark-colored sediments formed as a result of the interaction of

mineral particles, black carbon and microorganisms, can not only accelerate deglaciation, but also affect the soil cover of adjacent territories. It is essential to determine their geochemical properties and compare them between each other to understand the impact of cryoconite on local soils. The studied sediments were collected at the Garabashi and Skhelda glaciers as well as some local soils at the Baksan gorge. Sampled materials were investigated for physical, chemical and agrochemical parameters. The concentrations of trace elements (Cu, Pb, Zn, Ni, Cd) were also determined and some contamination indices were used to evaluate degree of pollution. The obtained data shows much higher content of organic carbon in soils (up to 7.82 %) in comparison with cryoconite due to presence of vegetation. The basal respiration values in some cases were similar between sediments and soils, indicating high rates of microbial activity. It was conducted that almost all materials have sandy structure. In case of trace elements, the highest content was identified for Zn (62.00 mg·kg for cryoconite and 60.50 mg·kg for soils) and the most polluted materials were sediments from Garabashi glacier and adjacent soils, up to moderate level, which is associated with anthropogenic activity.