АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕОКРИОЛОГИИ

Материалы
VI всероссийского научного молодежного геокриологического форума с международным участием, посвященного 100-летию со дня рождения ученых-мерзлотоведов Евгения Марковича Катасонова и Нины Петровны Анисимовой,

г. Якутск, 28 июня–13 июля 2021 г.

Якутск
2021

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИМЗ СО РАН)

Материалы VI всероссийского научного молодежного геокриологического форума с международным участием «Актуальные проблемы и перспективы развития геокриологии», посвященного 100-летию со дня рождения ученых-мерзлотоведов Евгения Марковича Катасонова и Нины Петровны Анисимовой, г. Якутск, 28 июня–13 июля 2021 г.

Якутск
Издательство ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова
СО РАН
2021

УДК 551.34(063)

ББК 26.36 я431

Ответственный редактор
доктор географических наук А. Н. Федоров

Материалы VI всероссийского научного молодежного геокриологического форума с международным участием «Актуальные проблемы и перспективы развития геокриологии», посвященного 100-летию со дня рождения ученых-мерзлотоведов Евгения Марковича Катасонова и Нины Петровны Анисимовой, г. Якутск, 28 июня–13 июля 2021 г. / ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова ; [отв. ред. А. Н. Федоров]. – Якутск: Изд-во ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 2021. – 198 с.

ISBN 978-5-93254-200-2

В сборник материалов VI всероссийского научного молодежного геокриологического форума с международным участием «Актуальные проблемы и перспективы развития геокриологии», посвященного 100-летию со дня рождения ученых-мерзлотоведов Евгения Марковича Катасонова и Нины Петровны Анисимовой, вошли тезисы докладов участников, посвященные современным и актуальным проблемам региональной и исторической геокриологии, гидрогеологии и геохимии криолитозоны, климатическим условиям, геотермии и теплофизике криолитозоны, а также инженерной геокриологии.

Рецензенты:
Кандидат геолого-минералогических наук С. П. Готовцев
Кандидат географических наук С. П. Варламов

КРИОГЕННЫЕ ПОЧВЫ БЛИЗ ПОСЁЛКА БАТАГАЙ

Ю. К. Васильчук, Дж. Ю. Васильчук, Н. А. Буданцева, А. П. Гинзбург*
Географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова
**e-mail докладчика alexandrginzburg13154@yandex.ru*

Криогенные почвы, вскрытые в пределах района посёлка Батагай Верхоянского улуса Республики Саха (Якутия), изучены в ходе летних экспедиций 2018 и 2019 гг. Исследовано 11 почвенных разрезов, заложение которых производилось в различных ландшафтно-геохимических условиях на трёх ключевых участках:

1. на пологом склоне г. Хатынгнах – от её вершины к юго-западному краю Батагайского оврага;
2. на крутом склоне г. Киргилях – от её вершины к подножью;
3. на надпойменной террасе р. Батагайки в левом борту – от её плоской пологонаклонной поверхности к поверхности поймы.

Произведены полевые описания почв вскрытых разрезов на основании схемы, предложенной в рамках классификации и диагностики почв России (2004). Помимо почвенных образцов, выполнен отбор многолетнемёрзлых почвообразующих пород при помощи электрического бура со стальной коронкой. Идентификация полученных почв выполнена согласно классификации и диагностики почв России (2004) и классификации мировой реферативной базы почвенных ресурсов (WRB) (2014).

Почвы характеризуются реакциями среды от кислых до близких к нейтральным. Значения pH водной суспензии почв составляют от 4,99 до 6,88. Общая закономерность профильного распределения значений pH заключается в постепенном увеличении значения pH с глубиной, тогда как минимальные значения приурочены к поверхностным органогенным горизонтам. Электропроводность почв, напротив, характеризуется ярко выраженным максимумом (значения EC до 114,7 мкСм/см) в поверхностных горизонтах, а ниже по профилю EC понижается. Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в почвах достигает 3,2–7,3 %. Наибольшее содержание $C_{орг.}$ обычно наблюдается в поверхностных органогенных горизонтах, ниже по профилю оно снижается в 3–7 раз (примерно до 1,0 %). Преобладающей фракцией в гранулометрическом составе почв в районе Батагая является илистая. Генетические горизонты почв характеризуются гранулометрическим составом от песчаного и илистого суглинка до ила. Чаще всего распределение илистой фракции в профиле почв относительно равномерно – среднее содержание ила составляет 76,2 %, коэффициент вариации содержания ила равен 13,7 %.

Таким образом, фоновыми почвами в районе нашего исследования являются светлозёмы, встречающиеся в разнообразных ландшафтных условиях, островное распространение в районе имеют подбуры, а к повышениям рельефа с близким к поверхности залеганием коренных пород приурочены слаборазвитые почвы. На аллювиальных отложениях в долине р. Батагайки (в автономных позициях) могут развиваться подзолы. Основными процессами характерными для почв в районе посёлка Батагай являются подстилкообразование, грубогумусово-аккумулятивный процесс, альфегумусовый процесс, оглеение и криогенное оструктуривание.

Таблица 1.

Классифицирование почв в районе пос. Батагай

Почвенный разрез	**Генетические горизонты по (Классификация…2004)**	**Название почвы по (Классификация…2004)**	**Название почвы по WRB (2014)**
B1	O – R	Петрозём на элювии сланцев	Skeletic Regosol
B2	O – O/Ce – C – [O] – Cg – C – C_|_	Псаммозём оподзоленный оглеенный на погребённом псаммозёме мерзлотном	Protic Regosol (Arenic, Nechic) on buried Oxyaquic Cryosol (Arenic, Humic)
B3	O – R	Петрозём на элювии сланцев	Skeletic Regosol
B4	W – R	Петрозём гумусовый на элювии сланцев	Skeletic Regosol
B5	AY – Cg – C_|_	Псаммозём серогумусовый глееватый мерзлотный	Folic Oxyaquic Cryosol (Arenic)
B6	O – E – CRMg – C_|_	Светлозём глееватый мерзлотный	Oxyaquic Cryosol (Albic)
B-VG-2019/1	O – BHF – C – (CRM) – C_|_	Подбур иллювиально-железисто-гумусовый мерзлотный	Spodic Cryosol (Dystric, Humic)
B-VG-2019/2	O – BF – C – C_|_	Подбур иллювиально-железистый мерзлотный	Spodic Turbic Cryosol (Dystric, Humic)
B-VG-2019/3	Opir – E – BF – C – C_|_	Подзол иллювиально-железистый мерзлотный	Spodic Cryosol (Albic, Dystric, Humic)
B-VG-2019/4	O – E – CRMf – C – C_|_	Светлозём ожелезнённый мерзлотный	Oxyaquic Cryosol (Albic, Dystric, Humic)
B-VG-2019/5	O – E – CRM – C – C_|_	Светлозём мерзлотный	Oxyaquic Cryosol (Albic, Dystric, Humic)

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОЧВАХ В РАЙОНЕ ПОС. БАТАГАЙ

А. Д. Белик*, Ю. К. Васильчук, Н. А. Буданцева, А. К. Васильчук, Дж. Ю. Васильчук, А. П Гинзбург, Л. Б. Блудушкина

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Географический факультет

**e-mail докладчика ms.anna.belik@gmail.com*

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – повсеместно распространенные органические загрязнители, выполняющие в природной среде роль своеобразных индикаторов. Являясь продуктами неполного окисления органического вещества, состав ПАУ в почвах зависит от источника его происхождения. В частности, ПАУ могут маркировать разнообразные источники антропогенного влияния, такие как сжигание органического топлива для транспорта и коммунально-бытовых нужд, использование органических материалов в промышленности. Особый интерес представляет такой источник ПАУ как природные пожары. Менее изученный, но также значимый источник ПАУ в природе – растительность и преобразование растительных остатков в ходе диагенеза.

Объектом исследования являются ПАУ в почвах в районе пос. Батагай, Якутия. Исследуемые почвы относятся к светлоземам иллювиально-железистым мерзлотным и подзолам иллювиально-железистым постпирогенным мерзлотным.

Максимальное содержание ПАУ в образцах из исследованных почв составило 42 нг/г, минимальное – 6 нг/г. Среднее содержание ПАУ по всем горизонтам составляет 20 нг/г, медиана – 17 нг/г. В структуре ассоциаций абсолютно преобладают легкие (2- и 3-кольчатые ПАУ, дифенил, фенантрен, гомологи нафталина), тяжелые в большинстве случаев обнаруживаются в количестве менее 1 нг/г (табл. 1).

Суммарное содержание ПАУ уменьшается с глубиной. Средние значения содержания индивидуальных ПАУ в нижних (глубже 30 см) и верхних (до 30 см) горизонтах различаются. В верхних горизонтах общая концентрация ПАУ составляет 27 нг/г, в то время как в нижних – 14 нг/г (следует отметить, что обе эти цифры являются очень низкими, что дополнительно подтверждает отсутствие антропогенного источника ПАУ). Превышение образуется за счет большего количества гомологов нафталина (среднее значение 20 нг/г в верхних против 7 нг/г в средних и нижних горизонтах). Также в верхних горизонтах повышено содержание некоторых других ПАУ, а именно фенантрена, хризена и антрацена. В нижних горизонтах чаще и в большем количество встречается бенз(ghi)перилен.

Содержание ПАУ в почвах в целом низкое. Предположительно, влияние антропогенного фактора на данной территории незначительно и основная масса биомаркеров имеет природное происхождение. Наибольшие концентрации ПАУ вероятно обусловлены природными пожарами, а также процессом преобразования растительной биомассы. На глубине 30 см в обоих разрезах наблюдается небольшой максимум общей суммы ПАУ, что, скорее всего, связано с процессами выноса вещества вниз по профилю и с положением на этой глубине подошвы сезонно-талого слоя, выступающего в роли геохимического барьера.

Таблица 1.

Распределение суммарного содержания ПАУ в исследуемых почвах по горизонтам

Подзол иллювиально-железистый постпирогенный мерзлотный			Светлозем иллювиально-железистый мерзлотный		
Горизонт	Глубина, см	Сумма ПАУ	Горизонт	Глубина	Сумма ПАУ
Opir	0-3	31,3	O	0-4	42,6
E	3-10	31,6	BF	4-13	25,6
BHF	9-29	17,0	C1f	13-30	17,5
C1	29-80	33,5	C2fp	30-40	19,6
C2	80-139	12,3	C3	40-50	11,2
C2	139…	6,2	CRMfp	50-84	13,7

Ассоциации ПАУ почвах в районе Батагайской едомы распределены нетипично. Несмотря на то, что горение биомасс считается источником тяжелых ПАУ, требующих много энергии для образования, в пирогенных горизонтах почв в районе пос. Батагай были обнаружены только легкие ПАУ (преимущественно нафталин и его гомологи). При этом в нижних горизонтах тяжелые ПАУ, такие как хризен, пирен, бенз(ghi)перилен, также встречаются. Поскольку на глубине маловероятно влияние каких-либо высокотемпературных процессов, можно предположить, что тяжелые ПАУ в глубоких частях профилей – результат биогенного фактора либо влияния подстилающих пород.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 18-05-60272 (определения ПАУ) и № 20-05-00782 (полевые исследования).

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ БЛИЗ БАТАГАЙСКОГО ОВРАГА

Дж. Ю. Васильчук*, Ю. К. Васильчук, Н. А. Буданцева, А. К. Васильчук, А. П. Гинзбург, Л. Б. Блудушкина

Географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова

**e-mail докладчика Jessica.vasilchuk@gmail.com*

Изучение концентраций и поведения микроэлементов в криогенных почвах весьма актуально для арктических регионов. Интенсивное протаивание в условиях продолжающегося увеличения температуры воздуха в связи с глобальным потеплением климата влияет на геохимический состав криогенных почв, на перенос микроэлементов, увеличение интенсивности миграции органического углерода и биохимических процессов. Батагайский овраг – пример интенсивного современного процесса термокарста, влияние которого на перераспределение микроэлементов ранее не изучалось.

Нами было изучено распределение 52 микроэлементов и 8 макроэлементов (рис.1) в 11 почвенных профилях в пределах трёх катен: 1) вблизи Батагайского оврага на склоне г. Хатынгнах; 2) на склоне г. Киргилях; 3) на террасе р. Батагайки. Фоновыми почвами в районе исследования являются светлозёмы, также встречаются подбуры, а к повышениям рельефа с близким к поверхности залеганием коренных пород приурочены слаборазвитые почвы. На аллювиальных отложениях в долине р. Батагайки развиты подзолы. Содержание микроэлементов изучалось с помощью масс-спектрального (ICP-MS) и атомно-эмиссионного (ICP-AES) с индуктивно связанной плазмой методов.

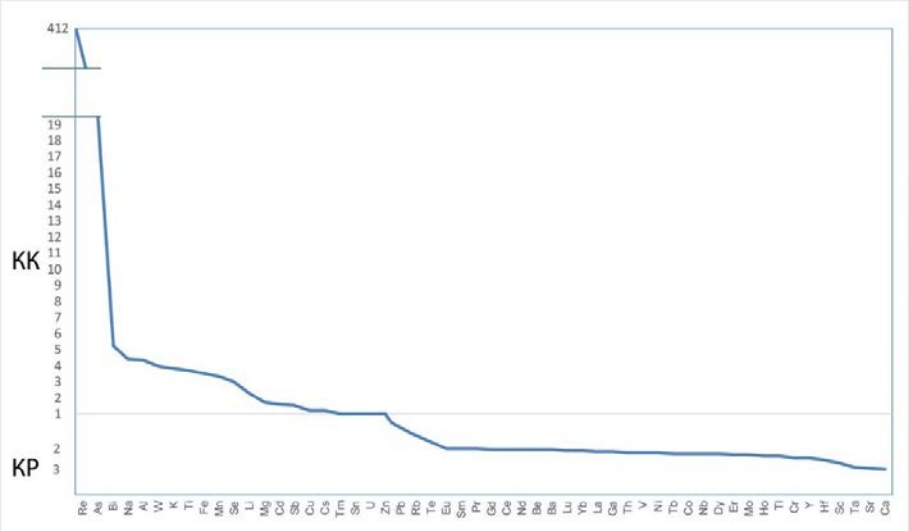

Рис. 1. КК и КР почв вблизи Батагайского оврага

Рассчитаны коэффициенты концентрации (КК) и рассеяния (КР) элементов в почвах вблизи Батагайского оврага относительно среднего содержания в верхней

части континентальной земной коры КК=$C_i/C_{земн.кора}$, КР=$C_{земн.кора}/C_i$, где C_i – среднее содержание элемента в почвах, $C_{земн.кора}$ – кларк элемента в верхней части континентальной земной коры. Рассчитан коэффициент обогащения почв вблизи Батагайского оврага элементами относительно его среднего содержания в земной коре (кларка). В качестве нормирующего элемента использован Al. Коэффициент обогащения рассчитывался как $EF=(C_{iпочв}/C_{Alпочв})/(C_{iземн.кора}/C_{Alземн.кора})$, где C_i – содержание элемента в почве и земной коре, C_{Al} – содержание нормирующего элемента в почве и земной коре.

В почвах вблизи Батагайского оврага повышенными коэффициентами концентрации (КК) относительно кларковых значений отличаются Re_{412}, As_{19}, $Bi_{5,2}$, $Na_{4,4}$, $Al_{4,3}$, $W_{3,9}$, $K_{3,8}$, $Ti_{3,7}$, $Fe_{3,5}$, $Mn_{3,3}$, Se_3, $Li_{2,3}$, $Mg_{1,7}$, $Cd_{1,6}$, $Sb_{1,5}$, остальные элементы характеризуются значениями равными кларку или ниже его. При нормировании по Al чрезвычайно высокий коэффициент обогащения EF отмечен для Re_{438}; очень высокий – для As_{24}; высокий – для $Bi_{6,5}$ и $W_{4,7}$; минимальный – для $Se_{1,6}$, $Li_{1,5}$, $Cd_{1,3}$, $Cu_{1,2}$, $Sb_{1,1}$, $Cs_{1,1}$. Обогащение почв этими элементами, вероятно, является региональной особенностью почв. Почвы катены от г. Хатынгнах к Батагайскому оврагу, где процесс термокарста наиболее интенсивен, характеризуются наибольшими разбросами и максимальными значениями концентраций Al, Fe, Mn, при этом почвы обеднены Cu, As, W, Pb, Bi, Th, U, Li, Cr, Co, Ni, Sr по сравнению с почвами на склоне г. Киргиллях. В почвах на склоне г. Киргиллях концентрации Al, Fe, Mn минимальны, но отмечаются высокие медианные и максимальные содержания таких элементов, как: Li, Zn, Sr, Cu, As, W, Pb, Bi. Почвы террасы р. Батагайки характеризуются наибольшими медианными значениями концентраций Al, Fe, Mn и обеднением микроэлементами по сравнению с катенами на склонах г. Киргиллях и Хатынгнах. Органогенные горизонты почв отличаются наиболее высоким разбросом и максимальными концентрациями Mn, а также наиболее высокими максимальными значениями Li, V, Zn, Cu, As. Элювиальные горизонты обеднены Mn, Ni, Co, Th, W. Криометаморфические горизонты отличаются повышенными медианными концентрациями Al, Fe, Mn, Cr, Ni. Иллювиальные горизонты близки по составу к криометаморфическим, за исключением пониженных концентраций Al и Fe. Глеевые горизонты обеднены Al, Fe, Mn, Bi и обогащены Cu и As. Горизонты многолетнемёрзлых пород характеризуются высокими максимальными концентрациями Al и Fe и высокими концентрациями Pb, U и Cu.

Работа выполнена при поддержке РНФ №19-17-00126 и РФФИ 18-05-60272.

предварительная оценка превышает ранее опубликованные в литературе сведения о таликовости региона как минимум в полтора раза.

Исследование выполнено при частичной поддержке РФФИ (проекты 20-05-00670 и 20-35-70027).

ТРИТИЙ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ БАССЕЙНА Р. ЛЕНЫ

Л. С. Лебедева[1], В. В. Шамов[2], В. В. Горячев[3], Н. А. Павлова[1], В. С. Ефремов[1]
[1]*Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН*
[2]*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН*
[3]*Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН*
**e-mail докладчика lyudmilaslebedeva@gmail.com*

Цель исследования – охарактеризовать многолетнюю динамику содержания трития в атмосферных осадках, поверхностных и подземных водах бассейна р. Лены на основе полученных в 2019 и 2020 гг. новых данных и собранной в литературных источниках исторической информации. Провести анализ взаимосвязи содержания трития с концентрациями растворенных химических веществ. В 2019 и 2020 гг. в периоды зимней и летней межени было отобрано 44 пробы воды из р. Лены, ее крупных, средних и мелких непромерзающих притоков, межмерзлотных и подмерзлотных подземных вод, снежного покрова и жидких атмосферных осадков. Впервые публикуются данные о содержании трития в верхнем и среднем течении р. Лена и ее притоках. Содержание трития в пробах снежного покрова и дождя составляет 17,2–23,6 ТЕ, что согласуется с многолетней кривой спада содержания трития в атмосферных осадках в г. Якутске. Практически отсутствие трития (0,26 ТЕ) в глубоких подмерзлотных водах в районе г. Якутска говорит о том, что время их водообмена превышает 60–80 лет. Источники межмерзлотных подземных вод обеднены тритием (от 3,5 до 8,7 ТЕ). Концентрации трития в речных водах в зимнюю межень (<17 ТЕ, кроме р. Вилюй) в среднем ниже, чем в летний период (>20 ТЕ), когда содержание трития в реках приближается к его значениям в атмосферных осадках, что является свидетельством участия в питании реки подземных вод, несмотря на повсеместное распространение многолетнемерзлых пород в регионе.

Минерализация атмосферных осадков 8–20 мг/л, по химическому составу это гидрокарбонатные преимущественно кальциево-магниевые воды. Воды рек Вилюй, Алдан, Чульман и Тимптон с минерализацией 40–130 мг/л по химическому типу сходны с атмосферными осадками. Минерализация воды р. Лены в летний период 70–180 мг/л при хлоридно-гидрокарбонатном натриево-кальциевом или магниево-