

УДК: 631.44 (04)

Лойко¹ С.В.

*заведующий лабораторией, канд. биол. наук
¹Томский государственный университет, РФ*

Шалпыков² К.Т.

*доктор биол. наук, профессор, член-корр. НАН КР
²Институт химии и фитотехнологий НАН КР*

Барсуков^{2,3} П.А.

*ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук
³Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, РФ*

Loyko¹ S.V.

head of laboratory, PhD in biology

¹Tomsk State University, Russian Federation

Shalpykov² K.T.

corresponding member of the National Academy of Sciences of the Kyrgyzstan

²Institute for chemistry and phytotechnology, NAS KR

Barsukov^{2,3} P.A.

leading researcher, PhD in biology

³Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS, Russian Federation

**ОСОБЕННОСТИ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ МАССИВОВ ПАЛЬЗА
 ВЫСОКОГОРНОГО АРАБЕЛЬСКОГО ПЛАТО
 (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ, КЫРГЫЗСТАН)**

**БИЙИК ТООЛУУ АРАБЕЛ ПЛАТОСУНУН ТОПУРАКТУУ ПАЛЬЗА
 МАССИВДЕРИНИН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ
 (БОРБОРДУК ТЯНЬ-ШАНЬ, КЫРГЫЗСТАН)**

**SOIL PECULIARITIES OF PEAT MASSIFS OF THE PALSA
 IN THE HIGH MOUNTAINOUS ARABEL PLATEAU
 (CENTRAL TIEN-SHAN, KYRGYZSTAN)**

Аннотация. Потепление климата может привести к сильной трансформации многих криогенных геосистем мира. Особенно уязвимы высокогорные мерзлотные торфяные пальза-массивы, имеющие сравнительно небольшую площадь. Нами были изучены четыре таких массива, почвы которых диагностируются как Cryosols, в пределах Арабельского плато Центрального Тянь-Шаня. Показано, что на этой территории складывается уникальный Са-Fe геохимический ландшафт, где происходит активная аккумуляция карбонатов в почвах и микроводоёмах. Эти ландшафты активно участвуют в формировании химического стока рек, и их функция может сильно измениться в более теплом климате.

Ключевые слова: пальза, высокогорье, Тянь-Шань, плато Арабель, морфология почв, поверхностные воды, рН, электропроводность.

Аннотация. Климаттын жылышы дүйнөнүн көптөгөн криогендик геосистемаларынын күчтүү өзгөрүшүнө алып келиши мүмкүн. Салыштырмалуу кичинекей аянты бар массивдер болгон бийик тоолуу тоңгон чым пальзалар өзгөчө аялуу. Биз Борбордук Тянь-Шандын Арабел платосунун чегинде топурактары Cryosols деп диагноз коюлган мындай төрт

массивди изилдедик. Бул аймакта топурактарда жана микро көлчөлөрдө карбонаттардын активдүү топтолушу пайда болгон уникалдуу Ca-Fe геохимиялык ландшафттын топтолушу көрсөтүлгөн. Бул ландшафттар дарыялардын химиялык агымынын пайда болушуна активдүү катышат жана алардын иштеши жылуу климатта кескин өзгөрүшү мүмкүн.

Негизги сөздөр: пальза, бийик тоо, Тянь-Шань, Арабел платосу, топурак морфологиясы, жер үстүндөгү суулар, рН, электр өткөргүчтүк.

Abstract. Climate warming may lead to a strong transformation of many cryogenic geosystems of the world. High-mountain permafrost peat palsa-massifs having a relatively small area are particularly vulnerable. We studied four such massifs, the soils of which are diagnosed as Cryosols, within the Arabel Plateau of the Central Tien Shan. It is shown that a unique Ca-Fe geochemical landscape is formed on this territory, where active accumulation of carbonates in soils and micro-watersheds takes place. These landscapes actively participate in the formation of chemical runoff of rivers, and their function can change greatly in warmer climate.

Key words: palsa, high mountains, Tien-Shan, Arabel plateau, soil morphology, surface water, рН, electroconductivity.

Введение

В центральном Тянь-Шане широкое распространение имеют сыртовые нагорья, приуроченные к межгорным впадинам. Это выровненные поверхности среди горных хребтов, на которые стекают реки с окружающих склонов. Отложения многих сыртов скованы многолетней мерзлотой, либо имеют глубокое сезонное промерзание, что оказывает значительное влияние на формирование нано- и микроформ рельефа, а также на почвообразование. В пределах криогенных сыртов в местах с натечным увлажнением у подножий склонов, либо в поймах рек и при условии наличия суглинистых, либо хрящевато-суглинистых отложений встречаются мерзлотные бугры пучения [1, 2], называемые пальза (если есть торф на поверхности), либо литальза (когда торф отсутствует) [3]. Такие формы рельефа возвышаются над окружающими минератрофными топами на высоту от нескольких сантиметров, до первых метров. По данным А.П. Горбунова [1, 2] мелкобугристые формы рельефа появляются на высотах 2500-2600 м, а исчезают бугры пучения при достижении высот в 3800-3900 м. Выше, как правило, рыхлые отложения маломощны и, соответственно, процессы пучения не развиваются.

В условиях продолжающегося потепления климата стоит ожидать заметных трансформаций ландшафтов Центрального

Тянь-Шаня, что связано не только с таянием ледником, но и с возможным сокращением площади распространения многолетнемерзлых почв. Улучшение термического режима почв может привести к ускорению процессов выветривания первичных минералов, что будет приводить к высвобождению дополнительного количества ионов кальция, магния и натрия, и их поступлению в геохимические потоки с гор на равнины Центральной Азии. В условиях изолированности бассейнов стока Центральной Азии от мирового океана это приведет к дополнительным объемам секвестрации углерода в почвах и донных отложениях в окисленной форме [4]. Не меньшую роль может играть и активизация гумусонакопления, в условиях наличия карбонатов с поверхности, что также составит дополнительный сток углерода.

Сырты Тянь-Шаня давно привлекают внимание исследователей. Большинство географических работ было выполнено ещё в СССР [5, 6], в том числе были неплохо изучены почвы автономных ландшафтов [7, 8]. В настоящее время эти глобально значимые для углеродного цикла объекты начинают вновь привлекать внимание [9, 10]. Однако почвам и почвенным процессам в пределах пальза-массивов до сих пор не уделялось достаточно внимания. В частности отсутствует опыт классифицирования почв этих массивов согласно Международной класси-

фикации почв WRB 2022 [11]. Вместе с тем известна возможность накопления торфяных отложений мощностью несколько десятков сантиметров в условиях сыртов [8, 9]. Засушливые условия и активное поступление пыли с равнин Центральной Азии, а также процессы выветривания, приводят к поступлению со склонов гор в понижения взвешенного материала, которых содержит карбонаты. Вследствие засушливости климата карбонаты не вымываются и накапливаются в межгорных котловинах [12]. Наличие карбонатов, торфонакопление, мерзлотное пучение, всё это должно приводить к формированию специфических биогеохимических процессов и почв. В связи с этим нами были проведены рекогносцировочные исследования почв пальза-массивов в пределах Арабельского сырта, как одного из наиболее крупных высокогорных сыртов Центрального Тянь-Шаня.

Район и методы исследования

Ландшафты восточной части Арабельского сырта, или плато Кумтор, вблизи рудника Кумтор, названы Д. Кашкаровым с соавт. [13] холодной пустыней. Западная часть сырта, где находятся верховья реки Арабельсу, на карте Д. Кашкарова отнесена к урочищу Арабель. Такое деление оправдано с точки зрения атмосферной увлажненности ландшафтов и проективного покрытия растительного покрова: в сторону перевалов Арабель и Барскоун растёт атмосферная увлажненность. Полевые исследования проводились нами в западной части плато, в пределах поймы реки Арабельсу и её притоков с распространением плоских невысоких мерзлотных бугров, а также ближе к верховьям Арабельсу, в ложбинах, впадающих в реку Арабельсу.

Исследования выполнялись рекогносцировочным методом в первой декаде июля 2023 г. Для определения мощности деятельного слоя район исследований дополнительно посетили в первой декаде сентября 2023 г. На основе экспертного дешифрирования космических снимков выбирались участки развития широких пойм притоков реки Ара-

бельсу или плоскодонные ложбины (долины), в которые стекают воды с окружающих горных склонов. В пределах выбранных участков были проведены полевые работы, описаны пальза-массивы. На каждом из них были заложены почвенные разрезы и прикопки. Почвы были описаны с использованием стандартных макроморфологических подходов. На основе этих данных в них диагностировали почвенные горизонты и процессы. Классифицировали почвы по WRB 2022 [11]. Также для получения дополнительной информации определяли водородный показатель и электропроводность воды в топях, где она стояла несколько выше поверхности мхов, а также в небольших водоёмах. Для этого использовали мультиметр WTW Multi 350i. На вскипание от 10% HCl проверяли не только почвенные горизонты, но и мхи, а также донные отложения микро-водоёмов.

Результаты и обсуждение

Особенности водоёмов

В таблице 1 приводятся данные о характеристиках поверхностных и почвенных вод. По водородному показателю почвенные воды топей относятся к слабощелочным. Воды топей с карбонатными корочками на дне, а также воды микроозерков относятся к щелочным водами. Воды самого крупного измеренного микроозерка (терминальное для первого пальза-массива) и притока Арабельсу имеют одинаковые значения pH и попадают в диапазон 8.6 и более, характерный для сильнощелочных вод. Электропроводность меняется соответственно величине pH (Рис.1): при увеличении pH электропроводность снижается. Максимальные значения электропроводности характерны для верховодки в топи (696 мкСм/см), в то время как воды притока Арабельсу имеют электропроводность 160 мкСм/см. Электропроводность терминального озера составляет 305 мкСм/см.

Коэффициент детерминации между рассматриваемыми параметрами (pH и электропроводность) равен 0.58. Такая высокая связь указывает на наличие функциональ-

ной связи между этими параметрами. Полагаем, что снижение электропроводности связано с выпадением в осадок карбонатов кальция и магния вследствие обилия цианобактерий (синезеленых водорослей) в микроводоёмах, которое наглядно подтверждается их обильным «цветением» (Рис. 2). Выведение из системы кальция и магния, а также гидрокарбонат-ионов (HCO_3^-) приводит к накоплению, наиболее вероятно, таких ионов, как натрий, хлориды и сульфаты.

Это сдвигает рН в щелочную область, более характерную для содово-сульфатных вод. На большое количество сульфатов в почвах рассматриваемых сыртов указывали многих исследователи [5, 7, 12, 14]. Заметное более низкие значения рН вод притока Арабельсу, на фоне высокого рН можно связать с разбавлением дождевой и снеговой водой. Моменту проведения исследований предшествовали обильные осадки, перехватываемые окружающими плато горными склонами.

Табл. 1. – рН и электропроводность поверхностных и почвенных вод пальза-массивов верхней зоны Арабельского плато

Координаты точек измерений		Тип объекта	рН	Электропроводность, мкСм/см	Т, С°
N	E				
41,83465	77,71431	Моховая приозерковая топь	7,8	319	7,4
41,83464	77,71441	Проточная топь с открытыми участками воды и карбонатными корочками на дне. Топь уходит в озерко.	8,2	331	11,9
41,83478	77,71422	Озерко (микроводоём)	8,4	397	11,6
41,85372	77,86044	Открытая вода – микроозерко	8,4	304	17,5
41,85386	77,86077	Терминальное озерко размером 20*10 м	8,6	305	13,1
41,85365	77,86088	Проточная топь с лужами	7,6	438	11,6
41,85362	77,86040	Верховодка в топи	7,6	696	3,0
41.854823	77.86028	Приток реки Арабель	8,6	160	12

Дно всех микроводоёмов изученных пальза-массивов бурно вскипает от HCl . Основной компонент донных осадков – карбонаты. При этом под этой корочкой карбонатов интенсивность вскипания может быть заметно ниже. Можно рассматривать эти

микроводоёмы как геохимические барьеры для кальция и магния. Накапливающиеся карбонаты в период паводка сносятся вниз по течению, отчего аллювий рек сыртов также вскипает от HCl . Важно отметить, что это один из механизмов секвестрации углерода.

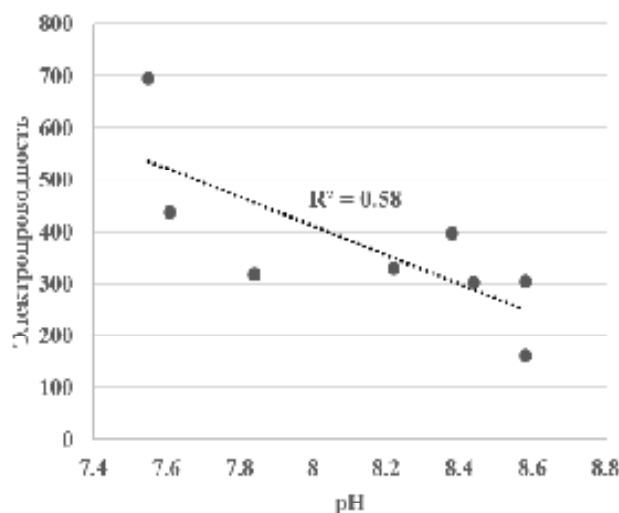
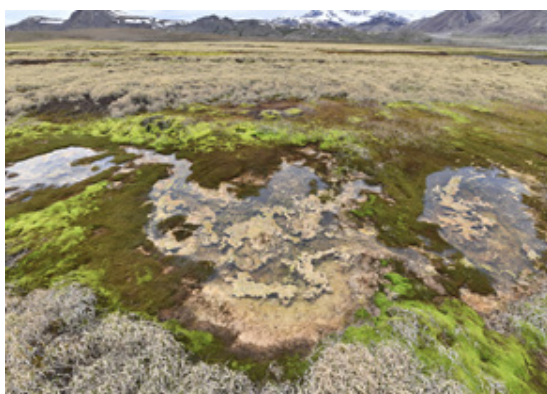
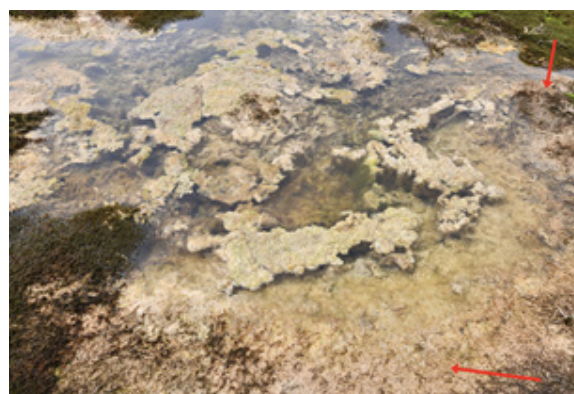


Рис. 1 – Зависимость между величиной pH и электропроводности поверхностных и почвенных вод пальза-массива верхней зоны Арабельского плато



1



2

Рис. 2 – «Цветение» синезеленых водорослей (цианобактерий) в микроводоёме топи на пальза-массиве: 1 – общий вид; 2 – водорослевый мат с карбонатной пеной, красные стрелки – карбонатные обрастания мха на дне по краю микроводоёма

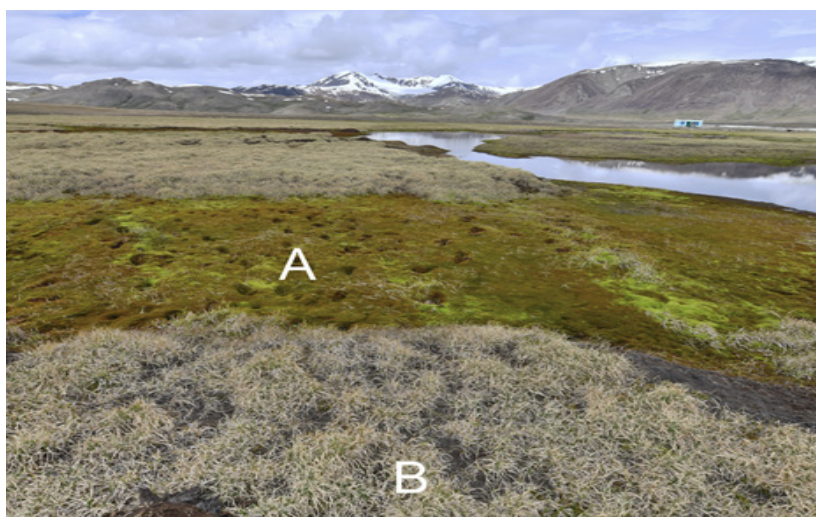
Особенности микрорельефа и почвы пальза-массивов

Первый из четырех обследованных пальза-массивов располагается в верхней зоне Арабельского плато, неподалёку от перевала Арабель, в небольшой ложбине, в которую весной стекают воды с прилегающего склона. Формы микрорельефа представлены плоскими буграми под покровом кобрезии, между которыми формируются моховые топи (Рис. 3, 1). Самые низкие участки топей заняты временными микроводоёмами.

В самой нижней части массива располагается озеро. Перепад между плоским бугром и топью составляет около 20–25 см. В топи сразу под мхом начинался уровень верховодки. На плоском бугре верховодки не было. Соотношение площади топей к буграм было 1:2, соответственно. Из пальза-массива вытекал небольшой ручей с заметным течением. Притока поверхностных вод на момент наблюдения не было. Можно предположить, что вода появляется летом за счёт оттаивания мерзлоты. Здесь было заложено два почвенных разреза.

На плоском бугре заложен разрез (Рис. 3, 2). Формула профиля почвы: TO1(0-8) – TO2(8-15) – TO1(15-20) – Gao1(20-30) – G1(30-36+). Координаты точки: 41,8347° N и 77,7143° E. Мерзлота обнаружена на глубине 15 см. К концу сезона она

опускается до 45–50 см. Вскипание от 10% HCl отмечено начиная с глубины 21 см. Минеральный среднесуглинистый горизонт имеет ледяную сетку по трещинам, оглеенный. Встречаются единичные растительные остатки. Почва диагностирована как Follic Reductaquic Cryosol.



1



2



3

Рис. 3 – Пальза-массив в расширенной чашеобразной части склоновой ложбины, из которой вытекает временный ручей. 1 – Общий вид (А – топь; В – плоский бугор); 2 – Follic Reductaquic Cryosol на плоском бугре; 3 – Histic Cryosol в топях

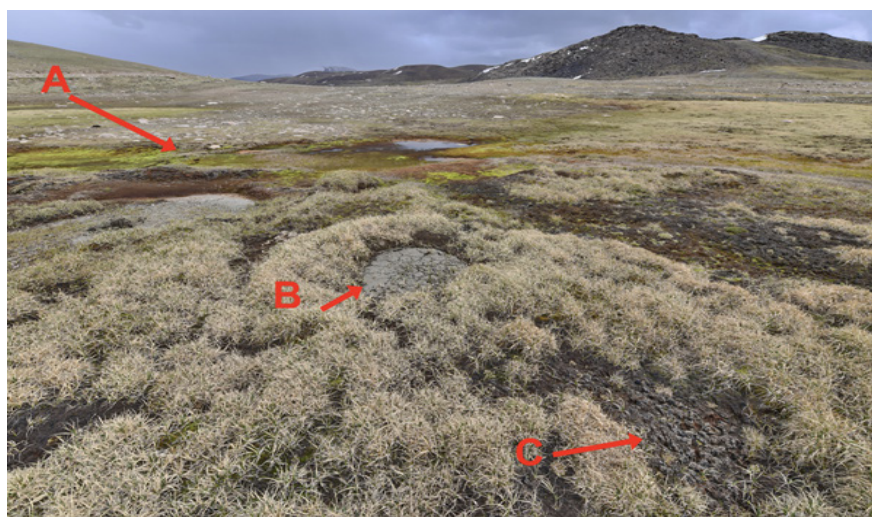
На расстоянии шести метров от вышеупомянутого почвенного профиля была изучена почва моховой топи (Рис. 3, 3). Координаты точки: 41,834743° N и 77,714355° E. Уровень воды ниже поверхности мха на 2 см. Сезонно-талый слой составил 26 см,

ниже залегает очень льдистый органо-минеральный горизонт. Формула профиля: TO(0-6) – TH(6-22) – H(22-26) – HL(26-27+). Торф имеет очень слабое вскипание. В верховьях рассматриваемой топи имеются микроводоёмы с карбонатными выделениями на дне

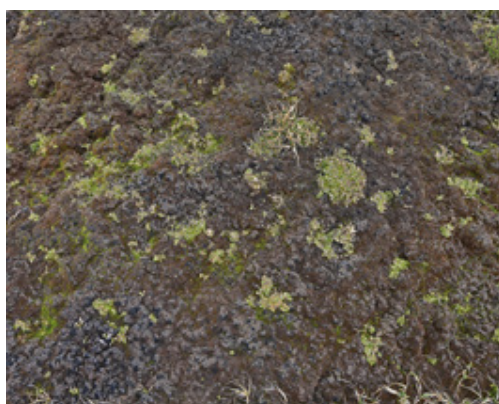
(Рис. 2). На поверхности топи встречаются следы от копыт животных (Рис. 3, 1). Почва диагностирована как Histic Cryosol.

По периферии пальза-массива мощность торфа снижается до нескольких см; осенью мощность сезонно-талого слоя на буграх увеличивается до 90–100 см (Рис. 4). В связи с этим, в этой части на буграх развитие получили минеральные пятна-медальоны, сложенные вскипающим от 10% HCl суглинком светло-серого цвета. Также есть пятна-медальоны с поверхностью из торфа, полностью лишённые растительности. Наиболее вероятно и первые и другие пятна-медальоны формируются по причине развития стебелькового льда, препятствующего зарастанию [15].

Пойма реки Арабельсу отличается от пойм своих притоков меньшей мощностью чехла рыхлых отложений, поэтому пальза-массивы в её пределах менее распространены. Развиты незаросшие растительностью суглинистые отмели, которые также вскипают с поверхности от 10% HCl (Рис. 5). Столь широкое распространение карбонатов в пределах всей катены связано не только с засушливым климатом, но и сносом со склонов окружающих гор тонкодисперсного материала, уже содержащего карбонаты. Источником карбонатов являются не только продукты выветривания, но и пылевой перенос с равнин Центральной Азии [12]. Эта пыль эффективно улавливается горными склонами.



1



2



3

Рис. 4 – Краевая зона пальза-массива. 1 – Общий вид (A – граница массива; B – торфяное пятно-медальон; C – минеральное пятно-медальон); 2 – торфяное пятно-медальон; 3 – минеральное пятно-медальон



Рис. 5 – Суглинистые «пляжи» на границе поймы и русла реки Арабельсу

Второй обследованный пальза-массив расположен в широкой долине одного из небольших водотоков с уплощенным дном. Координаты массива: $41,83962^{\circ}$ N и $77,74364^{\circ}$ E (Рис. 6, 1). Микрорельеф этого участка поверхности – бугристый, перепады высот от мочажины к вершине бугра – не более 1 м. В части межбугристых понижений находится россыпь щебнисто-глыбистых отложений. Мощность оторфованной подстилки на буграх не превышает 5–10 см, а ниже расположена иловато-гравелистая

(щебнистая) толща. Местами встречаются линзы оглеенных серых суглинков. Глубина залегания мерзлоты различается в разных буграх и составляет от 25 до 40 см и более. Мощность мерзлоты зависит от того, насколько мощный оторфованный горизонт формируется на поверхности почвы. Около 35-40% площади пальза-массива лишены растительного покрова, нельзя исключить и влияние выпаса на это. Все пальза-массивы подвергаются существенному воздействию выпаса скота. На мерзлых буграх почва диагностирована как Gleyic Skeletic Cryosol.



1



2

Рис. 6 – Бугристый пальза-массив

Третий пальза-массив расположен недалеко от перевала Барскоун вблизи языка ледника (Рис. 6, 2). Центральная часть седловины занята россыпью глыбистого моренного материала, что поступает в седловину с прилегающего с западной стороны длинного и крутого плохо задернованного склона. В

центральной части седловины находятся водоёмы. Мерзлые бугры расположены у восточной периферии седловины, у подножья менее крутого задернованного склона.

Почвы в его пределах не исследовались. Отметим, что здесь встречены наиболее значительные по размерам бугры, высо-

та которых достигает метра и даже более. Вероятно, это связано с повышенной обводненностью этой территории в течение всего теплого сезона из-за постоянного притока талой воды от расположенного в

непосредственной близости ледника. В понижениях между буграми распространены щебнисто-глыбистые отложения с линзами мелкозёма между глыб под водой. Мелкозём повсеместно вскипает от HCl.



1



2



3

Рис. 7 – Пальза-массив в пойме притока реки Арабельсу: 1 – общий вид (А – ручей-приток; В – микроводоём; С – топь; D – плоский бугор); 2 – центральная часть микроводоёма с железистыми коллоидами на дне; 3 – зона контакта топи и микроводоёма с выпадениями карбонатов и железистых плёнок

Четвертый пальза-массив обследован в пойме притока реки Арабельсу, стекающего со склонов окружающих гор (Рис. 7). Он весьма похож на первый массив в части геоморфологического строения. Превышения

бугров над топиями находится в пределах 20 см. Однако проточность здесь выше, так как водоток представлен ручьём. Из-за этого формирующийся торф постоянно перекрывается свежим наилком.

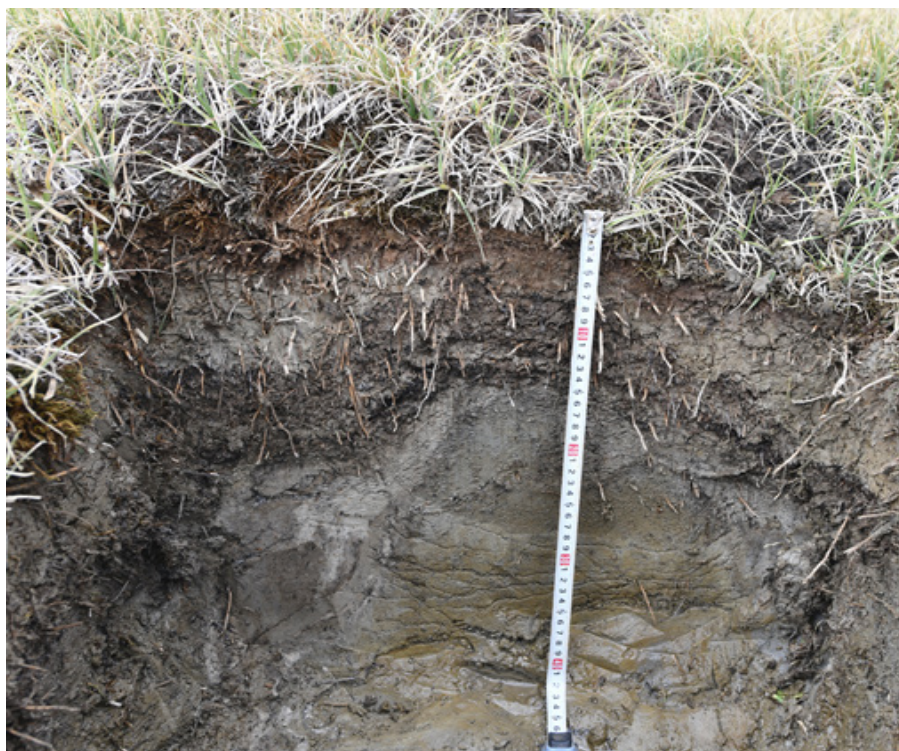


Рис. 8 – Turbic Cryosol (Fluvic) вскрытая на плоском бугре пальза-массива поймы притока реки Арабельсу

На бугре в точке с координатами $41,8536^{\circ}$ N и $77,86040^{\circ}$ E был заложен почвенный разрез (Рис. 8), профиль которого описывается формулой: $OTCa(0-3/5) - Ica(3/5-8/14) - ПТЕСа(8/14-14/20) - Gca\square(14/20-40+)$. Минеральный горизонт в своей верхней части по гранулометрическому составу – легкосуглинистый. Все горизонты вскипают, начиная с поверхности. В нижней части профиля минеральный горизонт – легкосуглинистый, ближе к супесчаному, а верхняя прослойка Ica среднесуглинистая. Это отражает то, что отложения формировались вначале у русла, после чего возникла топь. В один из сильных паводков топь была погребена пылеватым суглинком, на котором вновь образовался торфянистый горизонт и в какой-то момент произошло промерзание и поднятие поверхности, и топь, таким образом, перешла в плоский бугор. Почва диагностирована как Turbic Cryosol (Fluvic).

В данном почвенном профиле, равно как и в микроводоёмах, складывается уни-

кальная геохимическая обстановка. Из-за постоянного переувлажнения минеральных горизонтов топей происходит диффузия двухвалентных соединений железа и они выпадают в основании донных отложений. Поверх них осаждаются карбонаты из водной толщи микроозерков. Таким образом, формируются новообразования, которые в почвах равнин характерны для водоёмов разных природных зон – тундровых микроводоёмов ложбин стока и водоёмов сухих степей.

Заключение

Проведенные исследования показали, что в пределах пальза-массивов верхней зоны Арабельского плато складывается уникальная геохимическая обстановка: формируется Ca-Fe геохимический ландшафт. Эта территория является геохимическим барьером на пути мигрирующих соединений кальция и магния, где происходит их накопление как в почвах, так и донных отложениях. В дальнейшем может осуществляться их перенос и осаждение в пойменных по-

чвах ниже по течению. Кальций поступает, скорее всего, в основном в результате эолового переноса обогащенной карбонатами пыли с равнин, но нельзя исключать и его поступление в результате выветривания первичных силикатных минералов. А значит можно ожидать чистую секвестрацию углерода в окисленной форме (CaCO_3) почвами палъза-массивов. Потепление климата в высокогорьях Тянь-Шаня и увеличение

в них количества осадков [16] может привести в будущем к небольшому росту секвестрационного потенциала рассмотренных ландшафтов.

Исследования были частично (П.А. Барсуков, Институт почвоведения и агрохимии СО РАН) выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № 121031700309-1).

Литература

1. Горбунов А.П. Вечная мерзлота Тянь-Шаня. – Фрунзе: – Илим, –1967. – 166 с.
2. Горбунов А.П. Мерзлотные явления Тянь-Шаня. – М.: Гидрометеоздат, – 1970. – 266 с.
3. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов / Под редакцией действительного члена РАЕН, профессора Ю.К.Васильчука – М.: Изд-во Моск. ун-та, – 2008. – 571 с.
4. Naorem A., Jayaraman S., Dalal R.C., Patra A., Rao C.S., Lal R. Soil Inorganic Carbon as a Potential Sink in Carbon Storage in Dryland Soils – A Review. *Agriculture*. – 2022, – Vol. 12, – Issue 8, 1256. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12081256>
5. Глазовская М.А. Природа сыртов Центрального Тянь-Шаня и особенности процессов почвообразования // Памяти академика Л.С. Берга. – Москва-Ленинград: – 1955. – С. 360-382.
6. Мамытов А.М., Макаренко В.А., Сухачев А.Г., Бозгунчиев М., Обозов А. Опыт стационарного изучения высокогорных почв (на примере Ак-Сайского стационара). – Фрунзе: – Изд-во АН Киргизской ССР. – 1962. – 268с.
7. Волковинцер В.И. Специфика степного почвообразования в экстремальных климатических условиях // Почвенный криогенез и мелиорация мерзлых и холодных почв. – М., – 1975. – С. 91-94.
8. Мамытов А.М. Почвы гор Средней Азии и Южного Казахстана. – Фрунзе: – Изд-во «Илим», – 1987. – 312 с.
9. Aljes M., Heinicke T., Zeitz J. Peatland ecosystems in Kyrgyzstan: Distribution, peat characteristics and a preliminary assessment of carbon storage // *Catena*. 2016. – Vol. 144. – pp. 56-64. – DOI: 10.1016/j.catena.2016.04.021.
10. Müller R., Heinicke T., Juschus O., Zeitz J. Genesis and abiotic characteristics of three high-altitude peatlands in the Tien Shan Mountains (Kyrgyzstan), with focus on silty peatland substrates. – *Mires and Peat*, – Volume 18 (2016), – Article 24, – pp. 1-19.
11. IUSS Working Group WRB. 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.
12. Глазовская М.А. Особенности выветривания и почвообразования во внутреннем Тянь-Шане // Географические исследования в Центральном Тянь-Шане. – М.: Издательство АН СССР. – 1953. – С. 144-159.
13. Кашкаров Д., Жуков А., Станюкович К. Холодная пустыня Центрального Тянь-Шаня: Результаты Экспедиции ЛГУ летом 1934 г. / проф. Д. Кашкаров, А. Жуков, К. Станюкович; – Ленинград: Ленингр. гос. ун-т им. А. С. Бубнова (тип. им. Урицкого). – 1937. – 167 с.

14. Глазовская М. А. К истории развития современных природных ландшафтов Внутреннего Тянь-Шаня // Географические исследования в Центральном Тянь-Шане. – М.: Наука, – 1953. – С. 27-68.

15. Чепурнова М.А., Матышак Г.В., Исаева А.В., Сефилян А.Р. Влияние стебелькового льда на свойства торфяных почв севера Западной Сибири: маленький, но сильный! // Мерзлотные почвы в антропоцене. Сборник тезисов всероссийской (с международным участием) конференции по мерзлотным почвам (20-26 августа, 2023 Салехард-Лабытнанги, ЯНАО, Россия). – Салехард, 2023. – С. 102-103. – DOI: 10.5281/zenodo.8199526

16. Zhang Y., An C., Liu L., Zhang Y., Lu C., Zhang W. High Mountains Becoming Wetter While Deserts Getting Drier in Xinjiang, China since the 1980s. – Land 2021, 10, 1131. – DOI: <https://doi.org/10.3390/land10111131>.