

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.48

КРИОАРИДНЫЕ ПОЧВЫ КАК ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ТИП В КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ РОССИИ: ГЕОГРАФИЯ, МОРФОЛОГИЯ, ДИАГНОСТИКА¹

© 2022 г. М. А. Бронникова^{a, *}, М. И. Герасимова^{b, d}, Ю. В. Конопляникова^a,
Е. А. Гуркова^c, Г. И. Черноусенко^d, В. А. Голубцов^e, О. Е. Ефимов^f

^aИнститут географии РАН, Старомонетный пер., 29, стр. 2, Москва, 119017 Россия

^bГеографический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова,
Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

^cИнститут почвоведения и агрохимии СО РАН, пр-т Академика Лаврентьева, 8/2, Новосибирск, 630090 Россия

^dПочвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017 Россия

^eИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская, 1, Иркутск, 664033 Россия

^fРоссийский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434 Россия

*e-mail: mbmsh@mail.ru

Поступила в редакцию 18.08.2021 г.

После доработки 14.10.2021 г.

Принята к публикации 29.10.2021 г.

Криоаридные почвы как генетический тип были выделены в 1970-е годы В.И. Волковинцем на основании не только своеобразных свойств самих почв, но и ясно коррелирующих с ними факторов почвообразования: ультраконтинентальный климат, криоксерофитные степи или “тундростепи”, сухая мерзлота, мелкоземисто-щебнистые почвообразующие породы. В криоаридных почвах сочетаются черты каштановых и палевых почв, но их индивидуальность определяется наличием криогумусового горизонта (АК) и натечных форм карбонатных новообразований (ic). Криоаридные почвы отсутствуют в классификации почв СССР; в классификации почв России тип криоаридных почв с профилем АК—BPL—BCA—Cca находится в отделе палево-метаморфических почв с одноименным диагностическим горизонтом BPL. Результаты исследований (анализа публикаций, изучения “экологической ниши” криоаридных почв, их морфогенетического и географического разнообразия, полевых и камеральных морфологических исследований, в том числе работы с почвенными музейными монолитами), были: детализация “морфогенетического портрета”, уточнение диагностических критериев и изменение формулы профиля типа криоаридных почв, следовательно, их таксономического положения и выделение нескольких характерных подтипов. Предложено понизить статус срединного горизонта BPL до уровня признака pl, и перевести криоаридные почвы в другой отдел, предположительно, гумусовых аккумулятивно-карбонатных почв. На сильно щебнистых маломощных породах выделяются криогумусовые почвы отдела органо-аккумулятивных почв.

Ключевые слова: криоксерофитные степи, климатический ареал, криогумусовый диагностический горизонт, растительный детрит, кутаны, почвенные процессы, подтипы почв, Skeletic Someric Kastanozems (Cambic), Eutric Skeletic Cambisols (Protocalcic), Skeletic Cambic Calcisols

DOI: 10.31857/S0032180X22030030

ВВЕДЕНИЕ

Криоаридные почвы были введены в мир сибирических почв как особое географо-генетическое образование Волковинцем в 1970-е годы [9, 11–13]. На основании небольшого числа публикаций, характеризующих свойства почв и их особую “экологическую нишу”, криоаридные почвы бы-

ли включены в классификацию почв России как тип в отделе палево-метаморфических почв [22, 39]. В международной классификации эти почвы не выделяются как отдельная группа и попадают в 3 разных группы Kastanozems, Cambisols, Calcisols. Наиболее распространенные криоаридные почвы могут быть описаны в системе WRB следующими разностями: Skeletic Someric Kastanozems (Cambic), Eutric Skeletic Cambisols (Protocalcic), Skeletic Cambic Calcisols [59].

¹ К статье имеются дополнительные материалы, доступные для авторизованных пользователей по doi: 10.31857/S0032180X22030030.

Криоаридные почвы по-прежнему остаются слабо исследованными. Они связаны в своем распространении с вполне определенными, часто труднодоступными ландшафтами: с одной стороны, с холодными сухими степями межгорных котловин Южной Сибири и Центральной Азии: Алтая, Саян, Тувы, Забайкалья, Тянь-Шаня, Монголии, с другой — с “островками” криоксерофитных степей (тундро-степей, по терминологии геоботаников) на высоких плоскогорьях и соляных склонах гор Восточной Сибири и Северо-Востока России [4, 8, 10, 13, 19, 43, 54, 56]. В зарубежной литературе криоаридные почвы как отдельный генетический тип не описаны, хотя под разными названиями выделяются на территории Монголии российскими авторами [13, 38, 61], а также, исходя из географических аналогий, должны быть распространены в континентальной части Аляски и в Тибете [57, 60].

Несмотря на сравнительно широкое распространение, если судить по ранее опубликованным данным [2, 8, 13, 43, 47], криоаридные почвы редко отражаются на почвенных картах. Так, на Почвенной карте РСФСР масштаба 1 : 2.5 млн [40], некоторые из них можно найти среди почв горных территорий под названием “горные степные” в среднегорьях Восточного Саяна, Центрального и Юго-Восточного Алтая, а также под названием холодные степные, только в качестве сопутствующих почв в резкоконтинентальных областях Восточной Сибири в ареалах палевых почв, подбуров таежных и тундровых, тундровых глеевых почв выделены высокогорные степные и горные. В легенде карты есть почвы, которые, вероятнее всего, ассоциируются с криоаридными: “высокогорные степные почвы”. Однако они отсутствуют на карте. Возможно, эти почвы попали в легенду из первоначальной легенды к планировавшейся карте СССР [1]. В основных ареалах криоаридных почв: в межгорных котловинах Алтая, Тувы, Забайкалья криоаридные почвы показаны как темнокаштановые, каштановые и светлокаштановые почвы. “Степные криоаридные” почвы показаны на почвенной карте Магаданской области масштаба 1 : 2.5 млн [33] как сопутствующие почвы в излучине р. Анадырь среди тундровых элювиально-глеевых, а также в верховьях р. Колымы среди горных подбуров. На карте Северо-Востока Евразии масштаба 1 : 2.5 млн [31] степные криоаридные почвы являются сопутствующими среди палевых и подбуров в верховьях Яны, Индигирки, Колымы и их притоков.

Сухостепная растительность, малое количество осадков (110–250 мм/год), низкий коэффициент увлажнения и основные черты почвенного профиля: гумусово-аккумулятивный горизонт с плохо оформленной структурой, относительно невысоким содержанием органического вещества, и карбонатный горизонт послужили причинами отнесения этих почв к каштановым и горно-

каштановым на ранних этапах исследований. В зонально-фациальной парадигме другие решения были маловероятными при такой комбинации факторов почвообразования, однако уже тогда отмечалось своеобразие этих почв, их существенные отличия от каштановых почв других регионов, определяющиеся спецификой почвообразования в ультраконтинентальных холодных областях [34, 35, 41]. Максимальное классификационное выражение специфики почв холодных сухих степей заключалось в отнесении их к фациальному подтипу “умеренно теплые, длительно промерзающие каштановые почвы” [23].

Вместе с тем отличия почв ультраконтинентальных холодных сухих степей от центрального образа каштановых почв при пристальном рассмотрении оказались настолько значимыми, что позволили говорить о необходимости их обособления в отдельный генетический тип [9, 11, 12, 15]. Предложенный новый тип обосновывался Волковинцером спецификой ландшафтных условий, в том числе составом и функциональными особенностями биоты, а также морфологическими и аналитическими особенностями почв [13].

Задачи данного исследования ограничиваются рассмотрением концепции криоаридных почв как генетического типа на основании совокупности ранее опубликованных и вновь полученных данных, положения криоаридных почв в системе классификации и диагностики почв России (КиДПР) и предложениями по усовершенствованию их диагностики. Они включают: 1 — обоснование статуса криоаридных почв на уровне типа с позиций наличия/отсутствия диагностических горизонтов (по правилам КиДПР) с привлечением сведений об условиях почвообразования; 2 — рассмотрение основных морфогенетических особенностей и генетико-географического разнообразия криоаридных почв, 3 — верификацию и уточнение диагностических критериев горизонтов криоаридных почв; 4 — рассмотрение вариантов подтипового деления типа криоаридных почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрение классификационного положения криоаридных почв основывалось на трех группах подходов и источников информации. В традициях географо-генетических исследований основой проведенного анализа послужили собственные полевые наблюдения авторов. Сбору полевого материала предшествовал целенаправленный анализ фактического материала, содержащегося в базовой монографии Волковинцера “Степные криоаридные почвы” [13]. Его данные были использованы не только для верификации морфогенетического “портрета” криоаридных почв, но и для выбора ключевых объектов дальнейших полевых исследований, поскольку именно на этом ма-

териале было основано введение криоаридных почв в систему классификации почв России [22, 39].

Для каждого из 39-ти разрезов В.И. Волковинцера оценивалась экологическая ниша: сочетание факторов почвообразования в точке заложения разреза, строение профиля с акцентом на используемые в КидПР диагностические признаки. Те же принципы были использованы и при полевых и камеральных (Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, г. Санкт-Петербург) [20] исследованиях криоаридных почв: для каждого профиля, диагностированного как криоаридная почва, характеризовались условия почвообразования, строение профиля и выделялись диагностически значимые морфологические характеристики каждого горизонта.

Полевые исследования были запланированы по принципу: “по объектам В.И. Волковинцера” в том объеме, в котором удалось осуществить их привязку на местности по описаниям разрезов в монографии [13]; безусловно, закладывались и дополнительные разрезы. Для привязки “классических” разрезов и выбора дополнительных объектов использовались космические снимки, для некоторых регионов (Тува, Забайкалье) – листы Государственной почвенной карты. Точность привязки разрезов в монографии Волковинцера очень разная. Приведем два контрастных примера исходных привязок. “Разрез 108-Ю (О.В. Юрлова, по В.А. Носину, 1963) Тувинская АССР, Чаа-Хольский район, по тракту от с. Чаа-Холь на г. Чадан 20 км”. “Разрез 14-ЕН (Наумов, Андреева, 1963) Заложен ... в 420 км к востоку от г. Хандыга и в 30–40 км к западу-северо-западу от пос. Оймякон”. Далее следует в различной степени подробное описание положения разреза в рельефе, микрорельефа поверхности, фитоценоза, характера поверхности (наличие трещин, корочки, крупнозема и т. д.). В ряде случаев, по имеющейся привязке и подробному описанию ландшафта, удавалось заложить разрез по нашим оценкам на том же ландшафтном участке, где он был описан предшественниками, на расстоянии не более 1–2 км от “классического”; в других случаях разрезы закладывались с точностью до административного района, но тогда особенно детально мы следовали приведенным в монографии описаниям ландшафта, чтобы подобрать максимально близкий аналог по факторам почвообразования и строению почвенного профиля. В результате было исследовано 12 разрезов, которые с определенной долей условности можно отождествлять с профилями почв в монографии В.И. Волковинцера, и только 7 из них были верифицированы как криоаридные почвы.

При выборе дополнительных точек исследований мы руководствовались фактическим материалом из региональных монографий [34, 35, 41]. Пять из дополнительных разрезов в Туве заложены

“по объектам В.А. Носина” [35]. Два из них диагностированы как криоаридные. Исследованы также 3 профиля в центральной части Монголии, которые соответствуют по совокупности факторов и свойств криоаридным, в ареале, где Волковинцер считал преобладающими криоаридные среднегумусные почвы [13]. Всего в ходе экспедиционных исследований нами описано более 50 разрезов под криоксерофитными степями в речных долинах, котловинах и на горных склонах в диапазоне абсолютных высот от 175 м (Центрально-Якутская равнина) до 2400 м (высокогорья Юго-Восточного Алтая), из них 39 идентифицированы как криоаридные (рис. 1).

К необычным методам изучения криоаридных почв относится их идентификация по почвенным монолитам в Центральном музее почвоведения, где удалось познакомиться с морфологией криоаридных почв Северо-Востока России, которые не были нами исследованы в полевых условиях [20]. Работа с музейной коллекцией была ориентирована на сравнительный анализ диагностически значимых морфологических признаков криоаридных почв и родственных им почв: палевых, палево-темногумусовых, каштановых и бурых аридных [20]. Были просмотрены все представленные в коллекции монолиты, идентифицированные как почвы палево-метаморфического и светлогумусового аккумулятивно-карбонатного отделов КидПР.

Для большинства исследованных профилей криоаридных почв были получены основные аналитические химические и физико-химические характеристики [16, 36]. Однако в рамках данной статьи обсуждаются только аналитические свойства, касающиеся ключевой особенности основного диагностического горизонта криоаридных почв – его богатства корневым детритом. Для оценки доли растительного детрита в органическом веществе криогумусовых горизонтов определялось содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) – растительных остатков и детрита [18]. Фракция ЛОВ выделялась фракционированием в тяжелой жидкости плотностью 1.8 г/см^3 , с последующей повторной флотацией в тяжелой жидкости плотностью 1.6 г/см^3 . Выделенное ЛОВ фракционировалось на ситах и исследовалось при малых увеличениях под бинокулярным микроскопом в отраженном свете.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обоснование выделения типа криоаридных почв по условиям почвообразования. Почвообразование в криоксерофитных степях Центральной и Северо-Восточной Азии определяется исключительно суровым климатом: отрицательные среднегодовые температуры воздуха от -17 до -1.5 – -2°C , большие сезонные и суточные амплитуды темпе-

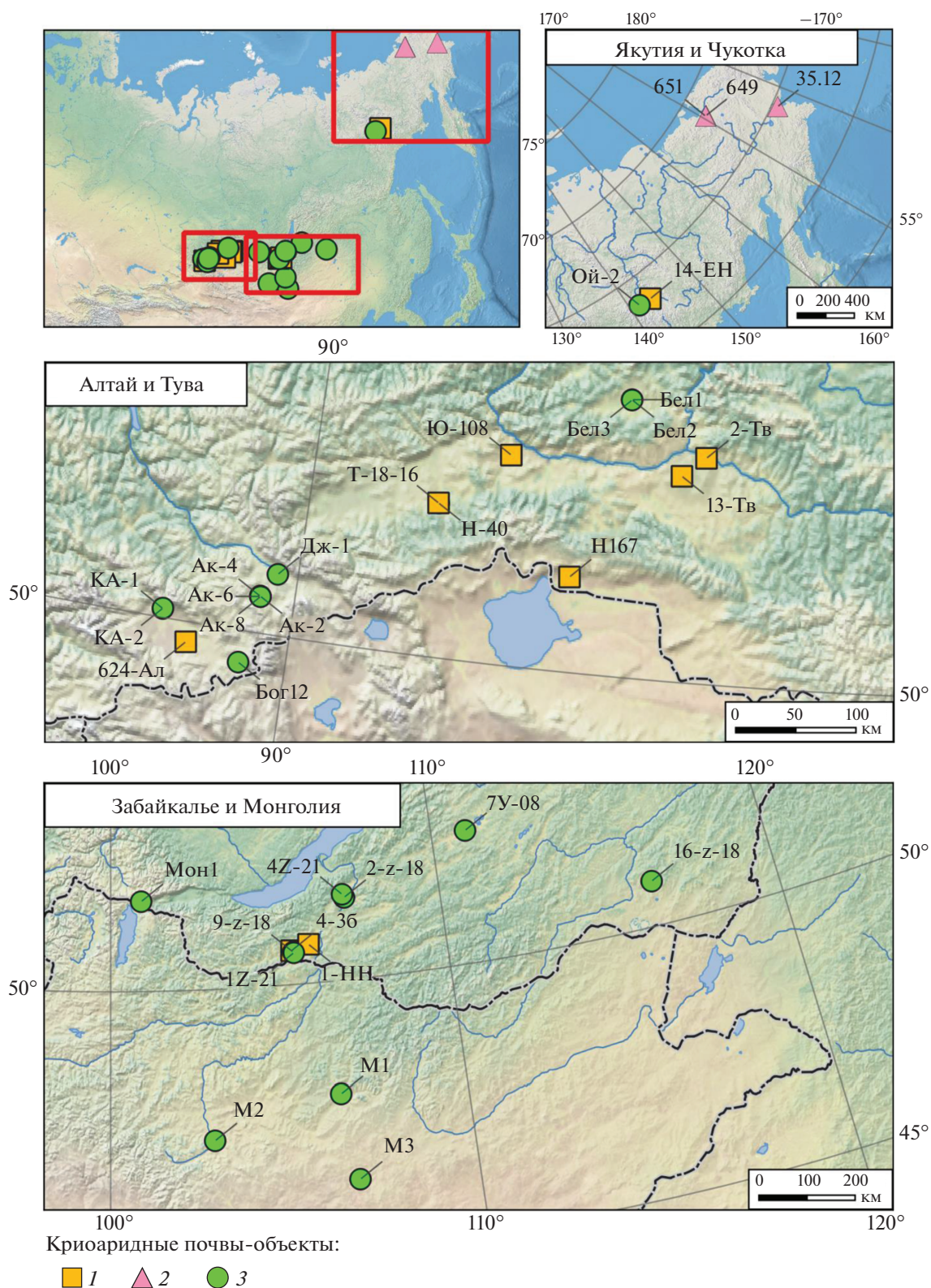


Рис. 1. Карта расположения криоаридных почв — объектов исследования. Обозначения: 1 — классические разрезы В.И. Волковинцера и В.А. Носина; 2 — музейные монолиты; 3 — дополнительные разрезы экспедиций 2010–2011 гг.

ратур (сезонные амплитуды выше 40°C, а в Якутии — выше 60°C, короткий безморозный период: от 30 до 115 дней) [13]. Однако даже в самых жестких климатических условиях (окрестности метеостанции Оймякон) южные склоны хорошо прогреваются летом: температура почвы в верхней части гумусового горизонта в момент исследования (28–31.08.2017) составляла +17...+19°C, что вполне сопоставимо с температурами верхних горизонтов криоаридных почв Юго-Восточного Алтая, где максимальные зарегистрированные нами в годовом цикле температуры составляют от +23 до +31°C для почв на разных абсолютных высотах.

Количество осадков колеблется от 110 мм/год (метеостанция Кош-Агач в Юго-Восточном Алтае) до 250–280 мм/год (метеостанция Селенгинск в Южном Забайкалье, метеостанции Островное, Омолон в континентальных районах Чукотки). Максимум осадков приходится на июль–август. В остальные месяцы осадков мало, потому почвы промерзают сухими и в весенние месяцы наблюдается особенно острый влагодефицит. Летние осадки часто ливневые, а корневая система криоксерофитной растительности приповерхностная, потому атмосферные осадки быстро стекают вниз по склону, поглощаются растениями в верхних горизонтах, и глубокого промачивания профиля даже во время интенсивных дождей, как правило, не происходит [3]. В среднем оно фиксируется до глубины 20–30 см [19].

Теплый период отличается продолжительным солнечным сиянием и большой суммой активных температур, что обуславливает сильное испарение с поверхности почв, особенно в наиболее засушливой части ареала криоаридных почв. В Убсунурской котловине — одном из самых сухих мест в их ареале — за последние 60 лет количество осадков и коэффициент увлажнения достоверно снижались при достоверном росте аридизации: индекс аридности² уменьшился с 0.34 до 0.18–0.23, таким образом, категория аридности изменилась от “аридной” до “сильноаридной” [38, 46]. Гидротермический коэффициент³ колеблется от 0.2 (Чуйская степь) до 0.6 (Забайкалье, Якутия) [19].

Все ареалы криоаридных почв находятся либо в областях распространения многолетнемерзлых пород, по большей части островного, либо очень длительного сезонного промерзания [55]. Почвы промерзают глубоко (до 3–4 м) [13]. Ни в одном из исследованных разрезов многолетняя мерзло-

та не была обнаружена в пределах почвенного профиля (полевые исследования проводились в июле–августе). В единичных случаях, как например, в разрезе Ак–8 в высокогорьях Юго-Восточного Алтая на глубине 230 см в конце июля (полное протаивание происходит только в сентябре) обнаружены отрицательные температуры и ледяные шлиры.

Почвообразующими породами криоаридных почв чаще всего служат пролювиально-делювиальные отложения конусов выноса в котловинах и делювий на горных склонах. Они неоднородны, щебнисты, как правило, с супесчано-легкосуглинистым мелкоземом и часто содержат породные карбонаты: обломочный материал карбонатсодержащих пород во фракциях от крупной пыли до валунов. Содержание крупнообломочного материала сильно варьирует по профилю и обычно увеличивается с глубиной; в очень сильно скелетных грунтах (часто более 80% фракций > мм) мелкозем в отдельных случаях может быть тяжелосуглинистым и даже легкоглинистым.

Оценка “биологической эффективности” атмосферных осадков по климатическим показателям и гранулометрическому составу почвы, проведенная Руховичем с соавт. [45], особо выделила сухие степи юга Центральной и Восточной Сибири как криоаридные степи, или холодные полупустыни (рис. 2). Одним из исходных положений был известный факт, что легкий гранулометрический состав и скелетность определяют высокую водопроницаемость и низкую водоудерживающую способность почв, что снижает коэффициент полезного действия атмосферных осадков. Предложенный этими авторами подход к районированию сухих степей Евразии основывался на расчетах сумм активных температур и сумм превышения осадков над испаряемостью с поправками на гранулометрический состав, солонцеватость и карбонатность почв. Криоаридные степи, или холодные полупустыни, выделились на Юго-Восточном Алтае и в котловинах Тувы. В Забайкалье показаны сухие степи [45]. Однако из имеющихся у нас полевых наблюдений следует, что криоаридные почвы приурочены в Забайкалье, главным образом, к соляным склонам, где почвообразование происходит на скелетных субстратах, а их лучшее прогревание в вегетационный период снижает влажность почвы.

Основу растительных сообществ на криоаридных почвах, составляют виды, повсеместно распространенные в ультраконтинентальных холодных сухих степях Азии. Наиболее типичны мелкостернозные злаки: ковыли Крылова (*Stipa krilovii* Roshev.), галечный (*S. glareosa* P.A. Smirn.), овсяницы ленская (*Festuca lenensis* Drobow) и валлиская (*F. valesiaca* Gaudin), мятлик оттянутый (*Poa attenuate* Trin.), житняк (*Agropyron cristatum* L.),

² Индекс аридности рассчитан как отношение среднегодовой суммы осадков к потенциальной эвапотранспирации за тот же период [46].

³ Гидротермический коэффициент представляет собой отношение суммы осадков в миллиметрах за период с температурами выше 10° к сумме Σt — сумма температур в градусах за то же время; является характеристикой увлажненности территории (влагообеспеченности).

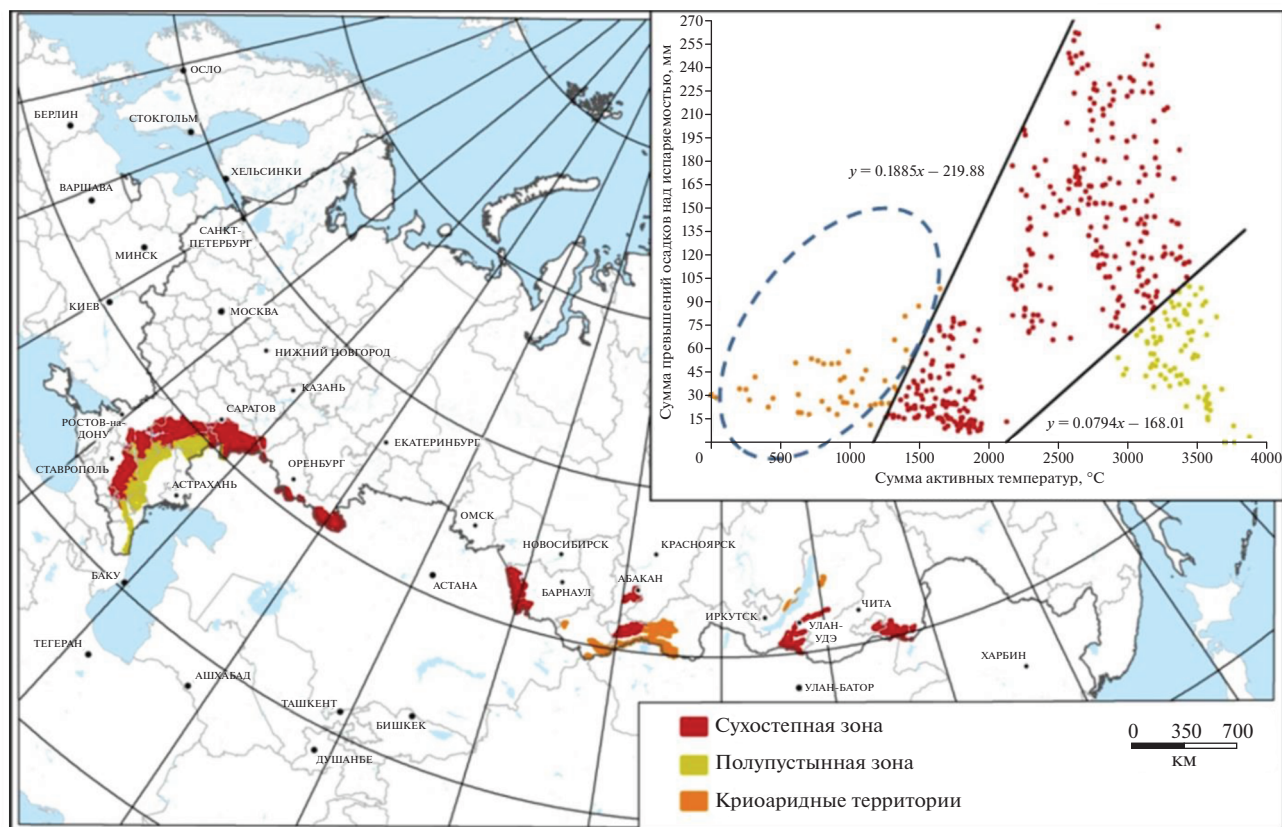


Рис. 2. Зоны и фации распространения каштановых почв, полученные с использованием показателя СПОпг (сумма превышения осадков над испаряемостью с учетом почвенно-гранулометрических поправок) и суммы активных температур. Авторы рисунка [45].

тонконог (*Koeleria cristata* (L.) Pers.), змеевка (*Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng); полыни: холодная (*Artemisia frigida* Willd.) и серебристая (*A. caucasica* Willd.); лапчатки: бесстебельная (*Potentilla acaulis* L.), сжатая (*P. conferta* Bunge), вильчатая (*P. bifurca* L.); также вероника седая (*Veronica incana* L.), эдельвейсы (*Leontopodium*), осоки твердовая (*Carex diriuscula* C.A. Mey) и стоповидная (*C. pediformis* C.A. Mey). В самых аридных частях ареалов криоаридных почв и/или на сильно щебнистых породах встречаются караганы: карликовая (*Caragana pigmaea* (L.) DC.), Бунге (*C. bungei* Ledeb.), золотистая (*C. aurantiaca* Koehne), эфедра (*Ephedra* sp.), нанофитон (*Nanophyton grubovii* U.P. Praton). На особенно щебнистых почвах появляются гонелимон (*Gonolimon* sp.), гипсофила (*Gypsophila desertorum* (Bunge) Fenzl), горноколосник (*Orostachys spinosa* (L.) C.A. Mey). В высокогорьях криофитные и альпийские ассоциации представлены горечавками (*Gentiana*), астрой альпийской (*Aster alpinus* L.), незабудочником гребенчатым (*Eritrichium pectinatum* (Pall.) DC.), кобрезией мышехвостниковой (*Kobresia myosurroides* (Vill.) Fiori), лапчаткой снежной (*Potentilla nivea* L.).

Степи на криоаридных почвах низкотравные, с 3–10-кратным преобладанием подземной фитомассы над надземной [17, 42]. Нами были проведены единичные определения фитомассы⁴ на трех разрезах криоаридных почв ландшафтно-высотного ряда на Юго-Восточном Алтае. Согласно этим определениям, надземная фитомасса варьирует от 0.02 кг/м² в наиболее аридных условиях (рис. 3, 3) под опустыненной степью с низким проективным покрытием: 20–30% (Чуйская котловина) до 0.154 кг/м² в высокогорном степном ландшафте (рис. 3, 1) с существенной долей альпийских видов и проективным покрытием 70–80% (долина Богутинских озер); в наиболее типичных условиях под криоксерофитной степью (рис. 3, 2) с проективным покрытием 50% (котловина озера Ак-Холь) надземная фитомасса составляет 0.041 кг/м². Запасы фитомассы наименее аридных участков сопоставимы с запасами фитомассы континентальных теплых сухих степей европейской части России и Казахстана, то-

⁴ Фитомасса определялась как суммарная абсолютно-сухая масса укосов живых растений и сборов мортмассы с площадок 1 × 1 м.

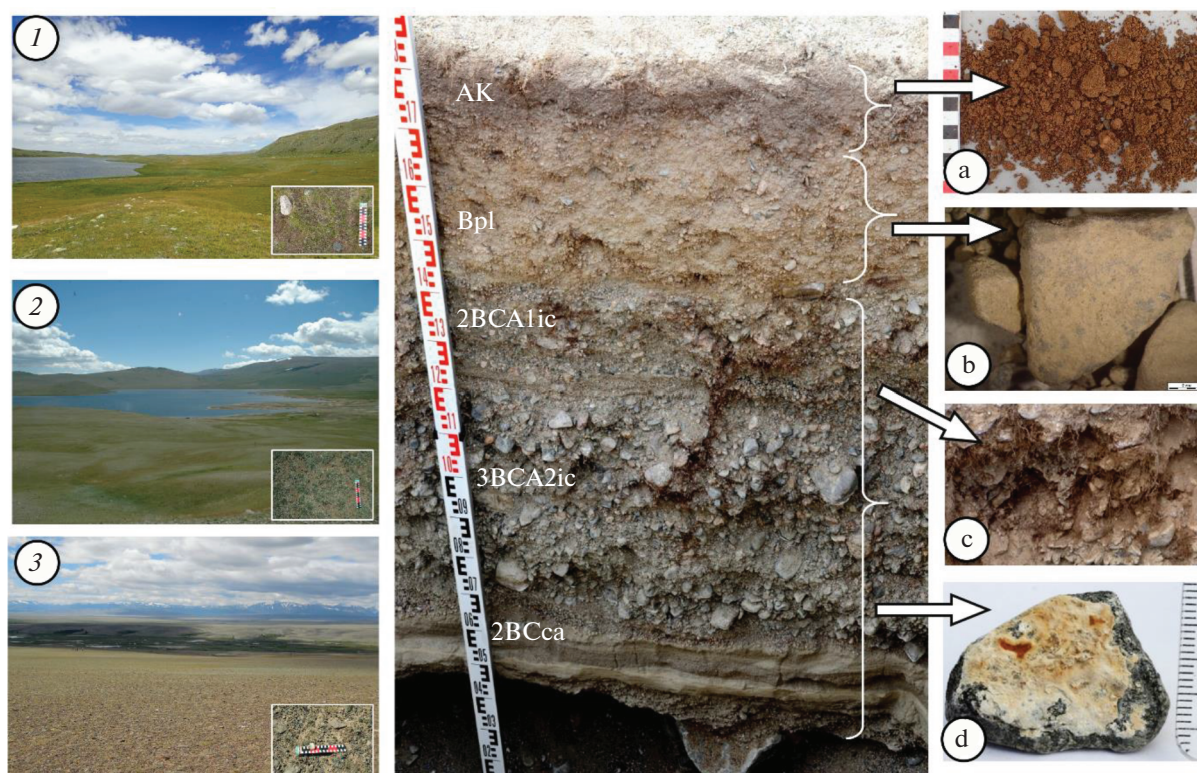


Рис. 3. Характерные ландшафты, типичный профиль и ключевые особенности строения криоаридных почв. Ландшафты: 1 – Юго-Восточный Алтай, долина р. Богуты, 2400 м над ур. м., криоксерофитные степи с участием альпийской флоры; 2 – Юго-Восточный Алтай, котловина оз. Ак-Холь 2230 м над ур. м., криоксерофитные степи; 3 – Юго-Восточный Алтай, Чуйская степь, 1900 м над ур. м., опустыненные криоксерофитные степи. Ключевые особенности строения криоаридных почв: а – горизонт АК с бурой окраской, комковато-порошистой структурой и обилием растительных остатков; б – горизонт Bpl с палевой окраской и глинисто-пылеватými пленками на минеральных зернах; в – скопление отмершего корневого детрита на литологическом контакте между горизонтами Bpl и 2BCA1ic; г – многослойные кутаны на обломках пород в горизонтах BCAic.

гда как фитомасса самого аридного из наших объектов – опустыненной степи Чуйской котловины, крайне мала для степных фитоценозов.

Таким образом, весь комплекс условий почвообразования формирует значительный объем корневой фитомассы (подземная фитомасса может превышать надземную в 3–20 раз [42]) на фоне исключительно низких зимних температур, малого количества осадков, высоко влагопроницаемого и мало влагоемкого субстрата, низкого разнообразия и численности почвенной фауны, что определяет своеобразие аккумулятивно-гумусового горизонта криоаридных почв, который был назван в классификации почв России *криогумусовым* (АК) [22, 39].

Придав криоаридным почвам криоксерофитных степей статус типа, отделив их от каштановых почв более теплых и менее континентальных областей, В.И. Волковинцер декларировал глубокие генетические различия между этими почвами, обусловленные различиями их экологических ниш. Однако, несмотря на факторную ориентированность обоснования криоаридных почв, В.И. Волковинцером были выявлены свойства

почв, послужившие базовыми критериями для их введения в классификацию почв России.

Обоснование выделения типа криоаридных почв по почвенным свойствам.

Диагностические горизонты. Характерными чертами криоаридных почв В.И. Волковинцер считал преобладание теплых, рыжевато-бурых (каштановых), а не серых тонов в окраске гумусового горизонта, слабо выраженную структуру всех генетических горизонтов, наличие в разной степени более или менее ясного горизонта аккумуляции карбонатов с преобладанием их натечных форм на нижних поверхностях обломков пород. Глубина вскипания сильно варьирует, содержание карбонатов – от 0.5 до 50%, отсутствуют горизонты с аккумуляцией гипса и легкорастворимых солей, морфологические проявления криогенных процессов в условиях дефицита влаги, несмотря на суровый температурный режим, оценивались как слабые [13].

Перечисленные свойства послужили основой диагностики криоаридных почв в классификации почв России. В соответствии с ее принципами, тип почв диагностируется по определенному набору

диагностических горизонтов — формуле профиля, и типу криоаридных почв была придана формула АК—BPL—BCa—Cca [22, 39]. Почвообразующая порода криоаридных почв может быть и бескарбонатной, поэтому целесообразнее изменить индекс породы на C(ca). Ниже рассмотрим признаки диагностических горизонтов криоаридных почв (рис. 3, рис. S1, S2, S3).

Криогумусовый горизонт (АК) был введен в классификацию для криоаридных и криогумусовых почв отдела органо-аккумулятивных, как отражающий их специфику и уникальность условий формирования. На основании морфологического анализа исследованных объектов отмечены следующие особенности криогумусового горизонта (рис. 3а, рис. S1). Мощность горизонта АК более 5 см и обычно составляет 10–20 см. В верхней его части либо выделяется среднеплотная дернина, либо на поверхности почвы имеется тонкая хрупкая корочка мощностью 0.5–2 см. Корочка чаще всего пористая (рис. S4-n), как правило, подстилаемая слоем бесструктурного, рыхлого, пылевато-песчаного материала, иногда слоистого, мощностью 1–2 см (признак *akl*) (рис. S4-l). На незадернованных участках на поверхности почвы часто встречается обломочный материал разного размера (рис. S4-l, рис. S4-o); при наличии корочки обломочный материал может иметь пятна пустынного загара (рис. S4-m). Горизонты АК с корочкой, как правило, карбонатные: мелкозем вскипает с поверхности, имеются натечные формы карбонатов — бородавки, кутаны, англ. *pendants* (признак *ic*).

Одно из основных отличий криогумусового горизонта от других аккумулятивно-гумусовых горизонтов: рыжевато- или красновато-бурые, каштановые, а не серые тона окраски [22, 39]. Однако они не столь яркие, как указано в его диагностике [39], как правило, окраска горизонта темно-бурая, красновато-бурая: по шкале Манселла тон 10YR⁵, светлота в диапазоне 3–4, а насыщенность в диапазоне 2–4; тон редко оценивается как 7.5YR, или 5YR (табл. 1, рис. 3).

Структура мелкозема непрочная комковато-погошистая (рис. 3а, рис. S1-a). Комки (0.5–2.0 см) в некоторых случаях собраны в нечеткие призмовидные отдельности и разделяются на хорошо оформленные, округлые (мелкозернистые или крупитчатые) агрегаты размером меньше 1 мм (рис. S1-b). Своеобразная и диагностически значимая черта криогумусовых горизонтов, которой раньше не уделялось должного значения: обилие в их составе мелкого (0.5 мм и меньше), слаборазложившегося растительного детрита (рис. S1-c), преимущественно корневого, рассеянного по всему горизонту и определяющего многие его физиче-

ские и химические свойства, в том числе, своеобразие окраску [20]. Буроватый детрит покрывает поверхность комковатых агрегатов, обломков пород и рассеян в неагрегированной почвенной массе (рис. S1-d).

Следствием присутствия детрита можно считать повышенное содержание органического углерода (1–5%, среднее значение 3.5% для выборки из 39 разрезов), а также очень высокую долю негидролизующего остатка. В КиДПР указано, что доля последнего составляет 40–50%, тогда как согласно определениям авторов для трех разрезов криоаридных почв Юго-Восточного Алтая, а также ранее опубликованным данным для криоаридных почв различных регионов [21, 24, 50], доля негидролизующего остатка в криогумусовых горизонтах может варьировать в пределах 40–80% и даже выше. Дополнительная характеристика органического вещества криогумусового горизонта — очень высокое содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ): 3–5% (в дернине оно существенно выше), в несколько раз превосходящее показатели ЛОВ в каштановых почвах европейской части России (0.7%) [5].

Анализ доли детрита (ЛОВ, выделенное фракционированием в тяжелой жидкости [18]) в различных размерных фракциях показал, что фракция 0.2–0.5 мм абсолютно преобладает и составляет 40% массы детрита. Следующая по содержанию фракция 0.1–0.2 мм составляет около 20%. Обилие в криогумусовом горизонте столь мелких слабо- и среднеразложившихся растительных остатков, которые практически невозможно отобрать при удалении корешков при подготовке образцов к анализу, объясняет ранее отмечавшееся высокое аналитически определяемое содержание органического углерода по Тюрину [25].

Отмеченные свойства криогумусового горизонта хорошо коррелируют с условиями почвообразования. Повышенное количество растительных остатков объясняется доминированием корневой фитомассы, концентрирующейся в поверхностном слое, что свойственно фитоценозам криоксерофитных степей. Процессы гумификации ограничиваются не только суровым климатом, но и свойствами самих растений — злаков, полыней, кустарников, а также низкой биологической активностью, лимитирующей механическую и биохимическую деструкцию мортмассы. Важным механизмом фрагментации растительных остатков — превращения их в мелкий детрит, по-видимому, является криогенное дробление [44]. Само название горизонта “криогумусовый” отражает особый комплекс формирующих его процессов. Другими словами, в облике горизонта АК отражаются особенности трансформации органических остатков криоксерофитной растительности в условиях дефицита тепла и

⁵ Окраска по шкале Манселла определялась при полевой влажности почв от сухой до влажноватой.

Таблица 1. Характерные свойства горизонтов криоаридных почв (по литературным материалам и полевым наблюдениям)*

Признак	Диагностический горизонт		
	криогумусовый АК(А)	палево-метаморфический BPL (AB/B)	аккумулятивно-карбонатный ВСА(BC)
Окраска	В.И. Волковинцер [9–14]		
	Каштановая, светло- или темно-каштановая, с красноватым или бурым оттенками	Каштановая с серым или бурым оттенком, светлее чем горизонт АК	Белесоватая или палевая, неоднородная с желтоватым, буроватым оттенками
	Классификация и диагностика почв России [22, 39]		
	Красновато-бурые, каштановые тона окраски, но при этом наиболее темный в профиле. По шкале Манселла в сухом состоянии: 5YR или 7.5YR 5–6/2–4	Бледная палевая окраска, по шкале Манселла в сухом состоянии 10YR 7–8/ 3	Палевый или буровато-палевый, по шкале Манселла в сухом состоянии 10YR 7–8/3–6
Структура	Обобщение по 39-ти исследованным разрезам		
	Темно-бурый, бурый, красновато-бурый, рыжеватый, каштановый; серые тона выражены слабо. По шкале Манселла тон обычно 10YR; редко 7.5YR, единично – 5YR; светлота обычно 3–4, или 5, насыщенность – 3–4	Бурый, палево-бурый, желтовато-бурый. По шкале Манселла: тон обычно 10YR, редко (преимущественно на красноватых породах) 7.5YR, единично – 5YR; светлота обычно 3–5, редко – 6–7; насыщенность 3–4	Самый светлый в профиле: буровато-палевый, светло-палевый, желтоватый, белесый, 10YR, 2.5YR, реже 7.5YR светлота 5–7, насыщенность 2–4
	В.И. Волковинцер [9–14]		
	Не выражена, либо непрочная пылевато-комковатая, комковато-порошистая	Не выражена, либо непрочная, слабо выраженная ореховато-комковатая с элементами плитчатости, реже глыбистая	Часто не выражена, либо криогенная (плитчатая, творожистая, постшлировная текстура)
	Классификация и диагностика почв России [22, 39]		
	Структура не выражена или проявляется слабо	Практически не выражена или неясная комковатая	Слабо выражена, наследует породную: вытянутые отдельности со сглаженными ребрами и неровной, ячеистой поверхностью
	Обобщение по 39-ти исследованным разрезам		
	Непрочная, плохо оформленная, комковато-порошистая	Плохо оформленная, чаще всего призмовидно-блоковая, реже – комковатая, с элементами криогенной гранулярности, постшлировой текстуры	В основном не выражена либо плохо оформлена, непрочная, часто криогенная призмовидно-блоковая, крупитчатая

Таблица 1. Окончание

Признак	Диагностический горизонт		
	криогумусовый АК(А)	палево-метаморфический BPL (AB/B)	аккумулятивно-карбонатный BCA(BC)
Наличие и формы карбонатов	В.И. Волковинцер [9–14]		
	В основном бескарбонатный	Бескарбонатный, либо есть вскипание без выраженных форм, либо сочетание: мучнистая пропитка мелкозема, натечные формы на обломках пород	Бурно вскипает, сочетание мучнистой пропитки мелкозема с обильными натечными формами на обломках пород (корочки, бородки, натеки, пленки)
	Классификация и диагностика почв России [22, 39]		
	Может вскипать с поверхности или глубже	Может вскипать	Бурно вскипает, пропитка мелкозема, на обломках пород натеки – бородки
	Обобщение по 39-ти исследованным разрезам		
	Чаще бескарбонатный, может содержать карбонатные кутаны на обломках пород	Бескарбонатный, либо неравномерное вскипание, либо пропитка мелкозема и карбонатные кутаны на обломках пород (гор. Bpl/BCA)	Бурное вскипание, пропитка, диффузные пятна, точечные выделения, кутаны на обломках пород

* Индексы горизонтов даны по [22, 39], в скобках – по описаниям авторов разрезов. Окраска по Манселлу определялась при полевой влажности от сухой до влажноватой.

влаги, при низкой биологической активности. Они определяют особый тип гумусообразования, отличный от такового в более теплых и менее континентальных степях, то есть модифицируют процессы гумусообразования степного типа. На такую специфику гумусового горизонта криоаридных почв обращал внимание В.И. Волковинцер, отметивший, вслед за А.В. Куминовой, “мумификацию” растительных остатков, которые медленно разлагаются в силу особенностей климата [10, 28].

Палево-метаморфический горизонт (BPL) – срединный горизонт криоаридных почв не выделялся Волковинцером как особый генетически и диагностически значимый горизонт; в морфологических описаниях он фигурирует как переходный горизонт АВ. В КИДПР первый срединный горизонт криоаридных почв обозначен как палево-метаморфический BPL [39]. Этот горизонт может быть как бескарбонатным, так и карбонатсодержащим, в нем могут присутствовать карбонатные новообразования (кутаны на обломках, дисперсные карбонаты). Согласно КИДПР, горизонт BPL имеет тусклый палевый цвет, он слабее окрашен, чем железисто-метаморфический, и “практически не оструктурен по сравнению со структурно-метаморфическим и криометаморфическим” [39] (табл. 1). Считается, что горизонт BPL “отражает специфику метаморфизма в условиях экстраконтинентального климата; характерен для таежных ландшафтов Центральной Якутии и холодных степей и тундростепей горных систем Сибири” [39, с. 50].

Палево-метаморфический горизонт (BPL) – срединный горизонт криоаридных почв не выделялся Волковинцером как особый генетически и диагностически значимый горизонт; в морфологических описаниях он фигурирует как переходный горизонт АВ. В КИДПР первый срединный горизонт криоаридных почв обозначен как палево-метаморфический BPL [39]. Этот горизонт может быть как бескарбонатным, так и карбонатсодержащим, в нем могут присутствовать карбонатные новообразования (кутаны на обломках, дисперсные карбонаты). Согласно КИДПР, горизонт BPL имеет тусклый палевый цвет, он слабее окрашен, чем железисто-метаморфический, и “практически не оструктурен по сравнению со структурно-метаморфическим и криометаморфическим” [39] (табл. 1). Считается, что горизонт BPL “отражает специфику метаморфизма в условиях экстраконтинентального климата; характерен для таежных ландшафтов Центральной Якутии и холодных степей и тундростепей горных систем Сибири” [39, с. 50].

Полученные нами новые материалы и результаты обсуждений позволили уточнить характерные свойства первого срединного горизонта криоаридных почв и выразить сомнения относительно необходимости выделения в криоаридных почвах диагностического палево-метаморфического горизонта. Анализ морфологических описаний с определениями цвета по шкале Манселла показал, что диагностический горизонт BPL палевых и криоаридных почв более темный и бурый, чем указано в классификации: его окраска в исследованных почвах, как правило, варьирует в пределах 10YR 3–5/2–4 (ранее в описании гори-

Таблица 2. Сравнение диагностических признаков криоаридных, палевых, каштановых, бурых аридных почв (по литературным и полевым материалам)*

Признак	Почвы			
	криоаридные	палевые	каштановые	бурые аридные
Гумусовый горизонт	АК	АУ	АJ	АJ
Биогенные признаки	Присутствуют	Мало	Много	Мало
Окраска горизонта А	Темно-бурая 10YR 3(4)/3(4)	Серовато-бурая 10YR 3–6/2–3	Бурая 10YR 4(5)/2–6	Светло-серая 10YR 7/2
Поверхностная корка (akl)	Возможна	Нет	Нет	Возможна
Первый срединный горизонт (В)	Bpl(ic) или BMpl(ic)	BPL	BMK/BM	BM
Выраженность макро-структуры срединных горизонтов	Средняя или плохая	Плохая	Средняя или хорошая	Средняя или хорошая
Выраженность криогенной мезо- и микро-структуры срединных горизонтов	Плохая и средняя	Средняя и хорошая	Не выражена	Не выражена
Окраска гор. В	Палевая 10YR 3–5/3–4	Палевая 10YR 3–6/2–4	Каштаново-бурая 10YR 4–6/3–6	Бурая 10YR 4/6
Аккумулятивно-карбонатный горизонт	BCAic(ic,dc)	BCAdc,mc	CATnc, BCAnс	BCAnс
Формы карбонатов	Вскипание мелкозема от HCl чаще всего начиная с ВСА горизонта; бородки (кутаны на щебне), реже — дисперсные наряду с кутанами	Преимущественно дисперсные и мицеллярные формы карбонатов	Обычно вскипают от HCl уже в горизонте AJ, сегрегационные формы	Обычно вскипают от HCl уже в горизонте AJ, сегрегационные формы
Криогенные признаки в профиле и на поверхности почв	Средне выражены: полигональные трещины, криогенные пылеватые, пылевато-глинистые силикатные кутаны на верхних гранях крупных обломков и вокруг мелких зерен, ооидные агрегаты, постшлировая текстура	Многочисленны: полигоны на поверхности, клинья, криотурбации, постшлировая текстура, на микроуровне ооидная микроструктура с вокругагрегатной ориентацией глины	Мало/нет	Мало/нет

* Окраска по Манселлу определялась при полевой влажности от сухой до влажноватой.

зонта были указаны менее яркие показатели по шкале Манселла: тон 10YR в сухом состоянии, светлота 7–8, насыщенность 3) (табл. 1, рис. 3, рис. S2). Он имеет плохо оформленную структуру, по сравнению со срединными горизонтами каштановых и бурых аридных почв (табл. 2). Однако совсем неоструктуренным, как значится в диагностике горизонта BPL, он тоже не является. Для

него характерны непрочные ореховатые, блочные, призмовидные агрегаты (рис. S2-a), реже криогенные постшлировые текстуры (рис. S4-f).

На уровне агрегатов первого порядка в горизонте BPL между палевыми и криоаридными почвами имеются существенные различия. В шлифах BPL горизонтов палевых почв были описаны спе-

цифические мелкие (до 1 мм) криогенные агрегаты — ооиды с характерной ориентацией глины по периферии агрегатов и тонкая слоеватость, связанная с выделением ледяных шпиров при промерзании [27, 30, 48, 58]. Именно криогенные признаки: агрегация и текстура, хотя в последней версии классификации они и не были отмечены в качестве диагностических для палево-метаморфического горизонта, отражают его специфику, наряду с палевой окраской. В криоаридных почвах на зернах скелета всегда имеются глинисто-пылеватые кутаны, сложенные материалом вмещающего горизонта (рис. 3b, S2-b, S2-c, S2-d), образованные в результате криогенной перегруппировки материала. Криогенная ооидная структура, свойственная палевым почвам, в криоаридных почвах, как правило, выражена существенно хуже, чем в BPl горизонтах палевых почв, она прослеживается только в наименее аридных условиях сравнительно четко (рис. S2-c, S2-d), а постшлировая текстура даже в таких условиях наблюдается не всегда [25]. Слабая выраженность признаков, отражающих криогенную природу палево-метаморфического горизонта, вызывает сомнения в необходимости его выделения в качестве срединного диагностического горизонта в криоаридных почвах. Более правильным было бы отнести имеющиеся в криоаридных почвах элементы палево-метаморфического горизонта на уровень генетического признака *pI*. Однако палевый признак (*pI*) сейчас выделяется в классификации только как подтиповой признак криоземов палео-метаморфизованных при наличии палевых тонов в окраске криометаморфического горизонта CRM [39]. Использование этого индекса для других почв, в частности, криоаридных, предполагает расширение его диагностических критериев. Предлагается снять в описании признака *pI* его ассоциированность с криоземами и добавить наличие криогенных признаков: мелкой (до 1 мм), слабо сепарированной (не рассыпчатой) гранулярной (ооидной) структуры и имеющих окраску вмещающего горизонта глинисто-пылеватых пленок на зернах.

Итак, первый срединный горизонт криоаридных почв обладает не очень ясно выраженными характерными особенностями палево-метаморфического горизонта, имея лишь черты “педогенного преобразования почвообразующей породы” [39, с. 47] — один из диагностических критериев метаморфического горизонта BM (табл. 2). Как же правильно атрибутировать этот горизонт? По действующим сейчас правилам КиДПР, генетические признаки служат основанием для выделения подтипов, а индекс генетического признака может быть добавлен либо к индексу диагностического горизонта, либо к индексу переходных горизонтов или почвообразующей породы. Возникает вопрос, к какому горизонту следует добавить индекс *pI*, чтобы не потерять информацию о крио-

аридной почве? Первый срединный горизонт криоаридных почв чаще всего бескарбонатен, поэтому не может быть индексирован как BSApI. Если не отступать от существующих правил КиДПР, можно определить первый срединный горизонт как структурно-метаморфический BM, что тоже не вполне верно, так как согласно определению, горизонт BM выделяется в почвах суглинисто-глинистого гранулометрического состава и часто хорошо оструктурен [22, 39]. Альтернативным и, возможно, более правильным вариантом является добавление малого индекса *pI* к переходному недиагностическому горизонту B, не имеющему признаков других срединных диагностических горизонтов. Использование нескольких недиагностических горизонтов для представления подтиповых особенностей предлагается в рамках обновления КиДПР [52].

Аккумулятивно-карбонатные горизонты (BCA) криоаридных почв отличаются от таковых в других почвах тем, что наиболее характерной, иногда единственной, формой педогенных карбонатов являются многослойные натечные образования (кутаны, “бородки”) на обломках пород (рис. S3-b, S3-c, S3-d), наряду с ними может встречаться карбонатная пропитка (рис. S3-a). Такие новообразования не отмечены в общем описании горизонта BCA [39, с. 51], однако в описании горизонтов BCA почв отдела палево-метаморфических они присутствуют [39, с. 89]. Сегрегационные формы карбонатов в криоаридных почвах крайне редки. Присутствие горизонта BCA в криоаридных почвах ни у кого не вызывает сомнений. Чаще всего этот горизонт в криоаридных почвах бурно вскипает от HCl. Однако есть и малокарбонатные разновидности, где мелкозем горизонтов BCA слабокарбонатный, но на многочисленных обломках отчетливы многослойные карбонатные кутаны [6, 13, 14, 25, 26, 34, 35, 43].

Формула профиля и положение типа криоаридных почв в классификации. Вышеизложенные уточнения, касающиеся морфогенетических особенностей криоаридных почв, позволяют предложить некоторые изменения типовой формулы профиля. Ее можно представить одним из следующих вариантов: AK—Bpl—BCAic—C(ca); AK—BMpl—BCAic—C(ca), второй вариант, как обсуждалось выше, менее целесообразен. Признак “ic” натечных форм карбонатных новообразований не обязателен, хотя он подчеркивает специфику профилей криоаридных почв.

Отказ от идентификации полноценного палево-метаморфического горизонта вызывает необходимость выведения криоаридных почв из отдела палево-метаморфических, хотя они, безусловно, близки палевым по целому ряду особенностей. Именно по этой причине приходится несколько нарушать принцип КиДПР — вводить в типовую формулу

профиля подтиповой признак *pl*, но этот случай в системе не единственный. В отделах текстурно-дифференцированных и альфегумусовых почв в последнем к горизонтам EL, BEL, BT, E, BHF добавлен признак глееватости — индекс *g*, а в первом к профилям солодей — индексы *ca* и *s* [39].

В рамках представленной в КиДПР концепции отдела светлогумусовых аккумулятивно-карбонатных почв криоаридные почвы могли бы быть отнесены к этому отделу, в котором горизонт ВСА является общим для всех почв отдела: каштановых, бурых аридных, светлогумусовых аккумулятивно-карбонатных [39]. Если принять такое решение, то в названии этого отдела придется заменить компонент “светлогумусовые” на нейтральный термин “гумусовые”, что ничего не нарушит. На наш взгляд, по морфогенетическим и химическим особенностям, а также по условиям формирования, криоаридные почвы все-таки ближе к бурым аридным и каштановым почвам полупустынь и степей, нежели к палевым почвам мерзлотных таежных ландшафтов.

Почвы с криогумусовым горизонтом на маломощных и сильно скелетных породах горных склонов имеют, как правило, укороченный профиль с неполным набором диагностических горизонтов. Возможны также варианты, когда в маломощном слое материнской породы ясно выделяется только криогумусовый горизонт, а срединные горизонты отсутствуют. Такие почвы определяются как криогумусовые — тип в отделе органо-аккумулятивных, с натечными формами карбонатов; формула профиля АК—С [39].

Подтипы криоаридных почв. Подтиповое деление криоаридных почв до настоящего времени было слабо разработано за недостаточностью данных об их генетико-географическом разнообразии. Накопленный полевой материал, результаты исследований криоаридных почв в фондах Центрального музея почвоведения, а также ранее опубликованные данные по криоаридным почвам Тувы, Алтая, Бурятии, Восточного Забайкалья, Якутии, Северо-Востока России, Монголии, позволяют верифицировать имеющиеся в классификации подтипы и предложить новые [2, 13, 14, 20, 26, 29, 37, 47, 49, 51, 54].

В последней версии классификации [39] подтипы не слишком жестко привязаны к типу, и любой подтип может быть выделен внутри любого типа. Тем не менее, для каждого отдела предлагается список подтипов, наиболее характерных и/или часто встречающихся в типах отдела. В списке возможных подтипов отдела палево-метаморфических почв присутствует натечно-карбонатный подтип, который не целесообразно использовать для криоаридных почв, т.к. натечные карбонаты являются неотъемлемым атрибутом профиля и, в первую очередь, горизон-

та ВСА криоаридных почв, они упоминаются во всех публикациях. Подтип натечно-карбонатных почв должен представлять криоаридные “типичные” (рис. S4-a, b).

Из остального списка подтипов нами были описаны для криоаридных почв темноязыковатые, поверхностно-турбированные и постагрогенные почвы.

Темноязыковатые криоаридные почвы (рис. S4-g) были обнаружены в высокогорьях Тувы и Алтая, единично — в Якутии (на соляном склоне близ пос. Томтор); они встречаются сравнительно редко, преимущественно в районах с несколько менее выраженным дефицитом почвенной влаги.

Поверхностно-турбированные, то есть механически нарушенные почвы, описаны в разных регионах. Механические нарушения могут быть вызваны разными причинами и не являются специфическими для криоаридных почв. Чаще всего это антропогенно-нарушенные почвы.

Комплекс природных условий не благоприятен для земледелия и, соответственно, формирования в профиле почв агрогенных признаков. Однако *постагрогенные* варианты криоаридных почв были обнаружены в крупных котловинах Тувы и Забайкалья, где криоаридные почвы широко использовались под пашню, особенно в советское время. Постагрогенные криоаридные почвы диагностируются по относительно ровной границе прежнего агрогоризонта. Бывшие поля прекрасно видны на материалах дистанционного зондирования — космических снимках и снимках беспилотных летательных аппаратов.

Маловероятны глееватые и криотурбированные подтипы криоаридных почв ввиду малого количества осадков, глубокой и малольдистой мерзлоты.

Кроме подтипов, имеющих в списке для отдела, проведенные исследования позволили предложить ввести в классификацию дополнительные подтипы. Криоаридные почвы с бурыми, темно-бурыми и красновато-бурыми гумусовыми кутанами на обломочном материале во всех горизонтах (в горизонте ВСА они часто залегают пятнами поверх слоистых карбонатных кутан, занимают значительные площади на крупных обломках: щебне и валунах) (рис. S4-i, S4-k), имеют широкое распространение в высокогорьях Алтая и Саян, а также, согласно ранее опубликованным данным [7, 8, 43, 54] и результатам исследований в фондах Центрального музея почвоведения — на Чукотке. Было показано, что такие кутаны, сложенные колломорфным, полупрозрачным в отраженном свете, изотропным веществом, несмотря на яркие красновато-бурые и охристо-бурые окраски, не всегда обогащены оксидами железа, а красные тона в окраске определяются именно органическим веществом, причем интенсивность окраски

пропорциональна его содержанию [6, 25]. Есть данные, что такие гумусовые кутаны отражают альфегумусовый этап развития профиля: иллювиирование органического вещества в виде хелатных комплексов с железом и алюминием, и являются наследием относительно гумидных условий почвообразования в недавнем голоценовом прошлом [6, 43]. Ни один из ранее предложенных генетических признаков, отражающих процессы иллювиирования органического вещества: *hi* — потечно-гумусовый, солонцеватый *sn*, *i* — глинисто-иллювиированный, на наш взгляд не отражает точно генетическую сущность гумусовых кутан криоаридных почв. По сути, наличие в профиле гумусовых кутан, образованных процессом коллоидной миграции и иллювиирования органического вещества, соответствует генетическому признаку, который в современной версии классификации обозначается как ВН (в виде исключения большими буквами)⁶, но в меньшем его количественном проявлении. Содержание органического углерода в пересчете на гумус в горизонтах, содержащих гумусовые кутаны, составляет от 0.8 до 2%, а не >3%, необходимые для выделения горизонта ВН и совсем мало оксалатнорастворимых форм железа (до 0.3–0.5%). Наличие таких гумусовых кутан в профиле может быть индексировано как *hi*. Однако в этом случае описание признака нужно модифицировать, добавив в него наличие темноокрашенных: бурых, темно-бурых и красновато-бурых кутан на скелетных частицах: гравии, щебне, валунах. Криоаридные почвы с яркоокрашенными гумусовыми кутанами предлагается выделять как подтип с иллювиированием гумуса или гумусово-иллювиированный, а наличие самих кутан отражать либо уже существующим малым *hi*, дополнив его описание, либо индексом *hc* (от англ. “humus coating”).

На Юго-Восточном Алтае, в Туве, в Якутии были описаны почвы с массовыми скоплениями отмершего крупного сухоторфяного корневого детрита в *Bpl* и *BCA* горизонтах. Эти скопления обычно приурочены к литологическим контактам с сильно скелетными слоями, механически ограничивающими проникновение корней (рис. S4-h, S4-j). Аналитически этот признак может отражаться на кривой содержания органического углерода в профиле как второй внутрипрофильный максимум. Такие массовые скопления сухоторфяного детрита могут вызывать локальное подкисление вмещающего горизонта. Почвы с массовым скоплением крупного детрита на литологических контактах могут быть выделены как *внутрипрофильно-детритный* подтип, а наличие самого детрита предлагается отмечать малым индексом *dr* (от *detritus of roots*).

⁶ См. пояснения в [39] на с. 45, 60, 62, а также в [52].

Единичными были профили криоаридных почв, где в срединных горизонтах (обычно в *BCA*) наблюдаются постшлировые текстуры и криогенная рассыпчатая угловато-крупитчатая структура, аналогичная структуре криометаморфизованного признака *cm* (рис. S4-f). Такие явления описаны в высокогорьях Алтая и Тувы, на отложениях сравнительно более тяжелого гранулометрического состава с лучшей водоудерживающей способностью, где меньше дефицит влаги в почве, ограничивающий формирование характерных криогенных структур. Криоаридные почвы с выраженной криогенной крупитчатой структурой и постшлировой слоистой текстурой (морфонами) могут быть отнесены к *криометаморфизованному* подтипу.

Местами в наиболее аридных разностях криоаридных почв (Убсунурская и Чуйская котловины) в верхней части профиля отсутствует дернина, и на поверхности почвы обнаруживается корка мощностью до 1–2 см (рис. S4-n). Она идентифицируется как признак *akl* и представляет собой однослойную хрупкую пузырчатую корку с включениями гравия, обычно подстилаемую рыхлым, бесструктурным, сыпучим супесчано-песчаным материалом (рис. S4-l). На поверхности корки рассеяны обломки плотных кристаллических пород, часто с пустынным загаром (рис. S4-m, S4-o). Представляется целесообразным подобные самые аридные разности криоаридных почв с признаком *akl* рассматривать как ксерогумусовый подтип, в настоящее время предусмотренный исключительно для отдела светлогумусовых аккумулятивно-карбонатных почв [39]. В этом отделе ксерогумусовый подтип предполагает наличие тонкого поверхностного слоя, дифференцированного на пузырчатый корковый и слоеватый подкорковый микрогоризонты мощностью не более 1–3 см каждый. В криоаридных почвах чаще всего встречается только пузырчатая корка на лишенных растительности пятнах, под ней может залегать подкорковый микрогоризонт, обычно не слоеватый, несвязный, рыхлый (рис. S4-l, n, o).

Волковинцер считал, что для криоаридных почв не характерны аккумуляции гипса и легкорастворимых солей. Однако, по данным авторов, криоаридные почвы могут содержать небольшие количества (доли процента) легкорастворимых солей, такие почвы можно отнести к *засоленному* подтипу. Ранее засоленные криоаридные почвы были описаны в Чуйской котловине [47]. Иногда в нижних аккумулятивно-карбонатных горизонтах (с глубины 80–100 см) встречается гипс, преимущественно в составе слоистых кутан на щебне (рис. S4-c, S4-d), то есть можно выделять в типе криоаридных почв *гипсодержащий* подтип.

Кроме широко распространенных среди криоаридных почв натечных форм карбонатов, в За-

байкалье описаны *дисперсно-карбонатные* почвы, в которых наряду с карбонатными кутанами (генетический признак *ic*), обильны также пропиточные формы карбонатов (признак *dc*). Они приурочены к наименее щебнистым субстратам, особенно супесчаным (рис. S4-е). Пропиточные или мучнистые формы карбонатов ранее считались фаціальным признаком степных почв этого региона [23, 34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальные полевые исследования и изучение музейных монолитов подтвердили мнение В.И. Волковинцера о специфичности криоаридных почв и их отделении от каштановых, главным образом, за особый криогумусовый горизонт, не имеющий аналогов среди горизонтов КидПР, свойства которого ясно отражают специфику условий почвообразования. Вместе с тем криоаридные почвы имеют общие черты, как с палевыми почвами, так и с каштановыми. В отличие от последних, в них отчетливы криогенные признаки, в частности микроструктура; по сравнению с палевыми почвами, криогенные черты уступают биогенным.

Профиль криоаридных почв в классификации почв России выражается следующей формулой: АК—BPL—BCA—Cca. Однако, учитывая недостаточно яркую выраженность в подгумусовом горизонте характерных для палевого горизонта криогенных признаков, предлагается придать последнему статус не горизонта, а признака и индексировать первый подгумусовый горизонт как Bpl (для палевых почв горизонт BPL, безусловно, сохраняется в качестве диагностического горизонта). Формулу профиля криоаридных почв предлагается записать следующим образом: АК—Bpl—BCA—C(ca).

Криоаридные почвы могут быть введены в отдел светлогумусовых аккумулятивно-карбонатных почв, куда входят родственные им каштановые и бурые аридные почвы. Однако в таком случае желательно заменить название отдела “светлогумусовые аккумулятивно-карбонатные”, на “гумусовые аккумулятивно-карбонатные”, поскольку верхние горизонты почв — потенциальных и существующих в КидПР компонентов отдела, окажутся разными.

В классификации почв России [22] для криоаридных почв был выделен только подтип типичных. В “Полевом определителе...” [39] дан общий список подтипов для отдела палево-метаморфических почв, в который входят сейчас криоаридные почвы. Из этого списка могут быть использованы следующие подтиповые квалификаторы: темноязыковатый; поверхностно-турбированный и постагрогенный. Среди ранее не выделявшихся в отделе подтипов для криоаридных почв предла-

гается использовать: криометаморфизованный и дисперсно-карбонатный. Своеобразным (уникальным) подтипом криоаридных почв является внутрпрофильно-детритный. Уникальным можно также считать гумусово-иллювирированный подтип, вероятно, связанный с более гумидной фазой формирования криоаридных почв. В наиболее аридных условиях можно выделить ксерогумусовый подтип, засоленный и гипсодержащий подтипы. Расширение набора подтипов позволяет отразить географическое разнообразие криоаридных почв.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы благодарят М.В. Бочарникова (кафедра биогеографии Географического факультета МГУ, Москва), Е.А. Шишконокову (Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва), Т.Е. Ткачук (Забайкальский государственный университет, Государственный природный биосферный заповедник Даурский, Республика Бурятия) за помощь в описании флористического состава сообществ на криоаридных почвах. В обсуждении классификационных проблем активно участвовал Н.Б. Хитров, и авторы выражают ему искреннюю признательность.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Статья подготовлена по материалам исследований по гранту РФФИ № 17-04-01526 А. Часть полевых исследований, морфогенетические исследования и итоговый синтез полученных данных проводились в рамках темы государственного задания Института географии РАН № 0148-2019-0006, верификация диагностических критериев криоаридных почв — по теме НИР № 1.4 Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, часть полевых исследований и работа с музейной коллекцией — в рамках государственного задания Института почвоведения и агрохимии СО РАН № 121031700316—9.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Рис. S1. Строение криогумусового горизонта (АК) криоаридных почв.

Рис. S2. Строение палево-метаморфического горизонта (Bpl) криоаридных почв.

Рис. S3. Формы карбонатов в аккумулятивно-карбонатных горизонтах (BCA).

Рис. S4. Подтипы криоаридных почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананко Т.В., Герасимова М.И., Конюшков Д.Е. Почвы горных территорий в классификации почв Рос-

- сии // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 122–146.
<https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-122-146>
2. *Бадмаев Н.Б., Корсунов А.В., Куликов М.А., Бадмаева Н.К.* О разнообразии почв криоаридных ландшафтов Баргузинской котловины Забайкалья // Сибирский экологический журн. 2002. № 4. С. 263–268.
 3. *Башалханова Л.Б., Буфал В.В., Русанов В.И.* Климатические условия освоения котловин Южной Сибири. Новосибирск: Наука СО, 1989. 159 с.
 4. *Берман Д.И., Алфимов А.В., Мажитова Г.Г., Гришкан И.Б., Юрцев Б.А.* Холодные степи северо-восточной Азии. Магадан: ИБПС ДВО РАН, 2001. 183 с.
 5. *Борисов Б.А., Ганжара Н.Ф.* Географические закономерности распределения и обновления легко-разлагаемого органического вещества целинных и пахотных почв зонального ряда европейской части России // Почвоведение. 2008. № 9. С. 1071–1078.
 6. *Бронникова М.А., Конопляникова Ю.В., Агатова А.Р., Зазовская Э.П., Лебедева М.П., Турова И.В., Непоп Р.К., Шоркунов И.Г., Черкинский А.Е.* Кутаны криоаридных почв и другие летописи ландшафтно-климатических изменений в котловине озера Ак-Холь (Тува) // Почвоведение. 2017. № 2. С. 158–175.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X17020010>
 7. *Быстряков Г.М.* Почвы и почвенный покров холодных полусухих областей Северо-Востока СССР (на примере верховьев р. Колымы). Автореф. дис. ... канд. биол. н. М., 1979. 21 с.
 8. *Быстряков Г.М., Кулинская Е.В.* Почвы степных криоаридных ландшафтов верховьев Колымы и Индигирки // География и генезис почв Магаданской области. Владивосток: Изд-во АН СССР, 1980. С. 143–160.
 9. *Волковинцев В.И.* Климатические особенности степного почвообразования в экстраконтинентальных районах азиатской части СССР // География и генезис почв Сибири. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1976. С. 77–86.
 10. *Волковинцев В.И.* О почвообразовании в степных котловинах юга Сибири // Почвоведение. 1969. № 8. С. 3–11.
 11. *Волковинцев В.И.* Особенности гумусообразования в степных почвах экстраконтинентальных районов Сибири // Гумус и его роль в почвообразовании и плодородии. Л., 1973. С. 39–40.
 12. *Волковинцев В.И.* Почвообразующие породы и характер выветривания в холодных аридных районах азиатской части СССР // Исследование почв Сибири. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1977. С. 29–44.
 13. *Волковинцев В.И.* Степные криоаридные почвы. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1978. 208 с.
 14. *Волковинцев В.И.* Сухостепные почвы межгорных котловин Тувы и Забайкалья // Генезис почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1964. С. 45–61.
 15. *Волковинцев В.И., Градусов Б.П., Чижикова Н.П.* Особенности минералогического состава степных почв некоторых экстраконтинентальных районов азиатской части СССР // Почвоведение. 1975. № 8. С. 130–138.
 16. *Воробьева Л.А.* Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 399 с.
 17. *Гаджиев И.М., Королюк А.Ю., Титлянова А.А., Андриевский В.С. и др.* Степи Центральной Азии. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 2004. 299 с.
 18. *Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф.* Практикум по почвоведению. М.: Агроконсалт, 2002. 282 с.
 19. Геоботаническая карта СССР. М 1 : 4 000 000 / Ред.: Е.М. Лавренко, В.Б. Сочава. М.: ГУГК, 1954.
 20. *Гуркова Е.А., Бронникова М.А., Герасимова М.И., Сухачева Е.Ю., Конопляникова Ю.В.* Светлогумусовые аккумулятивно-карбонатные и палео-метаморфические почвы коллекции Центрального музея почвоведения: верификация типовой диагностики // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. 2019. Вып. 98. С. 37–56.
<https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-98-37-56>
 21. *Дергачева М.И., Ковалева Е.И., Рябова Н.Н.* Гумус почв горного Алтая // Почвоведение. 2007. № 12. С. 1416–1421.
 22. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
 23. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 221 с.
 24. *Козицкая Л.Т., Разживин В.Ю.* Реликтовые криоксерофитные сообщества Западного Чукотского полуострова и их почвы // Экология. 1985. № 3. С. 22–38.
 25. *Конопляникова Ю.В.* Морфогенез криоаридных почв Юго-Восточного Алтая. Автореф. дис. ... канд. биол. н. М., 2021. 30 с.
 26. *Конопляникова Ю.В., Бронникова М.А., Лебедева М.П., Зазовская Э.П.* Генетическая морфология криоаридных почв Юго-Восточного Алтая // Современные подходы к изучению экологических проблем в физической и социально-экономической географии. Курск: 11 формат, 2017. С. 87–89.
 27. *Конюшков Д.Е., Колесникова В.М., Лебедева-Верба М.П.* Палеовые почвы // Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, АСТ, 2011. С. 104.
 28. *Кумина А.В.* Растительность Алтая. Новосибирск: СО АН СССР, 1960. 450 с.
 29. *Максимович С.В., Ногина Н.А.* Почвы высокогорий // Почвенный покров и почвы Монголии. М.: Наука, 1984. Т. 21. С. 88–98.
 30. *Морозова Т.Д.* Мерзлотные палеовые почвы Центральной Якутии // Микроморфологический метод в исследовании генезиса почв. М.: Наука, 1966. С. 93–115.
 31. *Науумов Е.М.* Почвенная карта Северо-Восточной Евразии. М 1 : 2 500 000. Киев: ГУГ, КиК при кабинете Министров Украины, 1993.
 32. *Науумов Е.М., Андреева А.А.* Почвы остепненных склонов Яно-Индигирского нагорья // Почвоведение. 1963. № 3. С. 62–70.

33. *Наумов Е.М., Игнатенко И.В.* Почвенная карта Магаданской области. М 1 : 2500000. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1990.
34. *Ногина Н.А.* Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 312 с.
35. *Носин В.А.* Почвы Тувы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 339 с.
36. *Орлов Д.С.* Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 272 с.
37. *Панкова Е.И., Черноусенко Г.И.* Проблема активизации засоления в почвах юга Восточной Сибири и Монголии в связи с аридизацией климата // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2020. Вып. 101. С. 92–116.
<https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-92-116>
38. *Панкова Е.И., Черноусенко Г.И.* Сопоставление каштановых почв Центральной Азии с их аналогами в других почвенно-географических провинциях // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 2(75). С. 13–22.
<https://doi.org/10.24411/1993-3916-2018-00013>
39. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
40. Почвенная карта РСФСР масштаба 1 : 2500000 / Под ред. В.М. Фридланда. М.: ГУГК, 1988.
41. Почвы Горно-Алтайской автономной области / Под ред. Р.В. Ковалева. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1973. 350 с.
42. Продуктивность экосистем Северной Евразии. База данных [электронный ресурс]. М., 2006. <http://biodat.ru/db/prod/> – режим доступа: свободный – последнее обращение 05.08.2021.
43. *Пустовойтов К.Е.* Кутаны иллювирирования автоморфных щебнистых почв мерзлотных ландшафтов Дальнего Востока. Автореф. дис. ... канд. биол. н. М., 1993. 26 с.
44. *Рогов В.В.* Основы криогенеза. Новосибирск: Академическое изд-во “ГЕО”, 2009. 203 с.
45. *Рухович Д.И., Панкова Е.И., Калинина Н.В., Черноусенко Г.И.* Количественный расчет параметров выделения зон и фаций ареалов распространения каштановых почв России на основе климато-почвенно-гранулометрического показателя // Почвоведение. 2019. № 3. С. 304–316.
<https://doi.org/10.1134/S0032180X1901012X>
46. *Савостьянов В.К., Артеменок В.Н., Кутыкина Н.В., Панов В.С., Чебокаков Е.Я.* Деградация почв и опустынивания на юге Средней Сибири // Почвы Сибири: особенности функционирования и использования. Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2003. С. 23–27.
47. *Смоленцева Е.Н.* Разнообразие компонентов почвенного покрова Чуйской котловины Горного Алтая // Сибирский экологический журн. 2009. Т. 16. № 2. С. 179–186.
48. *Соколов И.А., Наумов Е.М., Градусов Б.П., Турсина Т.В., Цюрупа И.Г.* Ультраконтинентальное таежное почвообразование на карбонатных суглинках в Центральной Якутии // Почвоведение. 1976. № 4. С. 11–27.
49. *Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Убугунов В.Л., Баланова Л.Д.* Почвы Бурутии: разнообразие, систематика и классификация // Земледелие, почвоведение и агрохимия. 2012. № 2(27). С. 45–52.
50. *Убугунова В.И., Гунин П.Д., Убугунов В.Л., Алескерова Е.Н., Бажа С.Н., Аюшина Т.А.* Особенности состава гумусовых горизонтов аридных почв Баргузинской котловины // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 4(81). С. 82–91.
<https://doi.org/10.24411/1993-3916-2019-10076>
51. *Уфимцева К.И.* Горностепные почвы Монгольского Алтая // География и природные ресурсы. 1981. № 2. С. 54–60.
52. *Хитров Н.Б., Герасимова М.И.* Диагностические горизонты в классификации почв России: версия 2021 г. // Почвоведение. 2021. № 8. С. 899–910.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X21080098>
53. *Цыремпилов Э.Г., Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Алескерова Е.Н.* Морфогенетические свойства степных почв урочища Верхний Куйтун (Баргузинская котловина, Бурятия) // Известия Иркутского государственного ун-та. Сер. Биология. Экология. 2018. Т. 26. С. 54–68.
<https://doi.org/10.26516/2073-3372.2018.26.54>
54. *Черняховский Д.А.* Эколого-генетический анализ тундро-степных почв северо-востока Сибири // Почвоведение. 1995. № 5. С. 541–550.
55. *Шац М.М.* Геокриологические условия Алтае-Саянского горной страны. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1978. 103 с.
56. *Юрцев Б.А.* Реликтовые степные комплексы Северо-Восточной Азии. Новосибирск: Наука, 1981. 168 с.
57. *Baumann F., Schmidt K., Dörfer C., He J.-S., Scholten T., Kühn P.* Pedogenesis, permafrost, substrate and topography: Plot and landscape scale interrelations of weathering processes on the Central-Eastern Tibetan Plateau // Geoderma. 2014. V. 226–227. P. 300–316.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.02.019>
58. *Desyatkin R.V., Goryachkin S.V., Konyushkov D.E., Krasilnikov P.V., Lebedeva M.P., Bronnikova M.A., Desyatkin A.R., Fedorov A.N., Khokhlov S.F., Lapteva E.M., Mergelov N.S., Okoneshnikova M.V., Shishkov V.A., Turova I.V., Zazovskaya E.P.* Diversity of soils of cold ultra-continent climate Guidebook-monograph for the “Mammoth” ultra-continent WRB field workshop. Sakha (Yakutia). August 17–23, 2013.
59. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. № 106. Update 2015. FAO, Rome, 2015. 192 p.
60. *Lloyd A.H., Armbruster W.S., Edwards M.E.* Ecology of a steppe-tundra gradient in interior Alaska // J. Vegetation Science. 1994. V. 5. P. 897–912.
61. *Maximovich S.V.* Geography and Ecology of Cryogenic Soils of Mongolia // Cryosols – Permafrost-affected Soils. Berlin, Heidelberg, Springer, 2004. P. 253–274.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-06429-0_13

Cryoaridic Soils as a Genetic Type in Soil Classification System of Russia: Geography, Morphology, Diagnostics

**M. A. Bronnikova^{1, *}, M. I. Gerasimova^{2, 4}, Yu. V. Konopliankova¹, E. A. Gurkova³,
G. I. Chernousenko⁴, V. A. Golubtsov⁵, and O. E. Ephimov⁶**

¹ *Institute of Geography RAS, Moscow, 119017 Russia*

² *Faculty of Geography Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991 Russia*

³ *Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, 630090 Russia*

⁴ *Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, 119017 Russia*

⁵ *Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, 664033 Russia*

⁶ *Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, 127434 Russia*

*e-mail: mbmsh@mail.ru

Cryoaridic soils were proposed to be identified as an individual genetic soil type by Vladimir Volkovintser as early as in 1970s based on both specific soil properties and soil-forming agents being in good mutual agreement. These are: extreme continental climate, cryophytic steppes or “tundra-steppes”, dry permafrost, skeletal parent material. In cryoaridic soils, properties of chestnut and pale soils are distinct, although their individual features are due to the specific rich in plant residues cryohumus AK horizon, and to secondary carbonates dominated by pendants. Cryoaridic soils are absent in the soil classification of USSR-1977; in the recent system for Russian soils they are classified as cryoaridic (AK-BPL-BCA-Cca profile) in the order of pale-metamorphic soils with pale-metamorphic BPL horizon as diagnostic for all soil types of this order. However, our field research, analysis of publications and of soil monoliths in the Central Soil Museum were grounds to verify diagnostic criteria, to change the profile type formula of cryoaridic soils, hence, their taxonomic position. The BPL diagnostic horizon should be replaced by the diagnostic property (pl), therefore, cryoaridic soils have to be transferred into another order, presumably, order of humus-carbonate-accumulative ones. Some additional subtypes are proposed. On highly skeletal shallow parent materials, soils are qualified for cryohumus ones in the order of organo-accumulative soils.

Keywords: cryoxerophytic steppes, climatic niche, cryohumus diagnostic horizon, root detritus, coatings, processes and subtypes. Skeletic Someric Kastanozems (Cambic?), Eutric Skeletic Cambisol (Protocalcic), Skeletic Cambic Calcisol (Yermic)