

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ КРИОГЕННЫХ ПОЧВ В СОВРЕМЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ РОССИИ

© 2019 г. А. В. Лупачев^{а, *}, С. В. Губин^а, М. И. Герасимова^б

^аИнститут физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ, ул. Институтская, 2, Московской обл., Пушкино, 142290 Россия

^бМГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

*e-mail: a.lupachev@gmail.com

Поступила в редакцию 07.11.2018 г.

После доработки 15.11.2018 г.

Принята к публикации 25.12.2018 г.

Освещены проблемы диагностики криогенных почв в формате современной классификации почв России. Широкое обсуждение выявило, что среди исследователей почв холодных областей существуют значительные различия во взглядах на генезис и классификационное положение криогенных почв, отражающие разные концептуальные подходы, разнообразие почв в ареалах распространения многолетнемерзлых пород и их динамичность во времени, в частности, зависимость результатов от момента наблюдения. Уточнены основные диагностические свойства криогенного горизонта и значение глубины залегания многолетней мерзлоты для диагностики почв. Предлагаются к обсуждению изменения в структуре отделов и дополнения к существующему списку типов и подтипов криогенных почв для очередного варианта Классификации и диагностики почв России. Предлагается сохранить отдел Криоземы для почв с диагностическим криогенным горизонтом (CR) и присутствием многолетнемерзлых пород в пределах 1 м от поверхности. Почвы, не имеющие в строении профиля горизонта CR или с залеганием многолетнемерзлых пород глубже 1 м, следует рассматривать как мерзлотные подтипы в других отделах классификации. С целью выработки универсальных критериев для диагностики рассматриваемых почв изложенные в статье соображения предлагаются к широкому обсуждению.

Ключевые слова: диагностика почв, криоземы, Cryosol, криогенный диагностический горизонт, многолетнемерзлые породы

DOI: 10.1134/S0032180X19080100

ВВЕДЕНИЕ

Диагностика криогенных почв часто бывает затруднительной по разным причинам, в том числе в связи с проведением полевых исследований в различные моменты в течение периода ежегодного оттаивания многолетнемерзлых пород (ММП). Если сам факт вклада криогенных процессов в генезис и свойства почв особых сомнений не вызывает, то полное определение криогенной почвы, а тем более почвенного тела, далеко не всегда бывает однозначным. Таксономическое положение и диагностические критерии криогенных почв, как в национальных классификациях, так и в международной, и по сей день вызывают множество вопросов [1, 6, 13, 28, 31].

В классификации почв России [12, 20] используется термин “криозем” как центральный образ почв, сформированных разными криогенными процессами. Термин был предложен Вторушиным [1] для почв с относительно слабо выраженными криогенными признаками. Наумов [19],

напротив, считал приоритетными криогенные черты в профиле криоземов на фоне большей или меньшей оглеенности. Для сильнооглеенных криотурбированных почв Наумов [19] и Ливеровский [13] предложили термин “криоглеезем”. Периодическое переувлажнение, как известно, является необходимым условием активного протекания криогенных процессов. Обоснование необходимости выделения гидроморфных, но при этом неглеевых, почв как криоземов в таежной области с резко континентальным климатом и близким к поверхности залеганием ММП было сделано в 1980-х годах И.А. Соколовым: им была дана возвращенная экологическая, диагностическая и генетическая характеристика криоземов, как результата специфического криогидроморфного неглеевого почвообразования [21, 22]. В классификационном отношении им были показаны различия в ряду криоземов, соответствующие типовому уровню (криоземы гомогенные и тиксотропные), высказано предложение о выделении

ОБСУЖДЕНИЕ

общности криоземов на надтиповом уровне. Вместе с тем И.А. Соколов считал, что криогенные почвы являются понятием почвенно-генетическим, а не классификационным. В одной из своих последних работ Макеев [16] предлагает сохранить термин “криогенные почвы” только как собирательный, отражающий историю вопроса, лишив его таксономической нагрузки, что, в целом совпадает с мнением И.А. Соколова и соответствует структуре классификации почв России.

Однако имеющиеся различия в подходах к дальнейшему разделению криогенных почв затрудняют решение классификационных вопросов при подготовке следующей версии классификации почв России, а в ее существующих вариантах [11, 12, 20] отмечаются разночтения в отношении почв на ММП. Примером существенных различий может быть предложение объединить отделы криогенных и криометаморфических почв в единый отдел, генезис почв которого связан с криогенезом.

Исследования, проведенные в последние десятилетия на севере таежной и в тундровой зоне Северной Якутии, показали широкое развитие гидроморфных почв без оглеения или со слабыми его проявлениями. В их профилях преобладают морфологические признаки и химические свойства, обусловленные криогенезом и служащие основанием для выделения новых генетических горизонтов [7]. Наиболее ярко криогенные черты в почвенном профиле выражены в условиях близкого к дневной поверхности залегания ММП – в пределах 1 м.

Исходя из приведенных соображений, анализа новых публикаций и результатов собственных многолетних исследований на Колымской низменности, инициативной группой ИФХиБПП РАН (Пушино) весной 2017 г. была организована онлайн-дискуссия по вопросам классификации и диагностики криогенных почв в представлениях и терминологии современной классификации почв России. В ходе этой дискуссии выделились две основные “горячие точки” для обсуждения:

- многолетняя мерзлота как классификационный критерий: глубина залегания и учет в классификации для криоземов и других почв;

- криоземы и диагностический криогенный горизонт, разделение почв на типы и подтипы.

Целью статьи является предложение дополнительных и изменений для современной российской классификации в отношении почв, формирующихся на ММП. По отдельным вопросам в ходе дискуссии было достигнуто согласие, по другим обсуждение не завершилось конкретными результатами для целей классификации.

Многолетняя мерзлота и глубина ее залегания как ключевой элемент диагностики криогенных почв. Важнейшим аспектом в свете субстантивного подхода к классификации почв, формирующихся в зоне распространения ММП, следует признать необходимость разделения почв по глубине залегания верхней границы ММП в период максимального оттаивания. Этот устойчивый и хорошо диагностируемый показатель в настоящее время не используется в современной российской классификации, хотя практически всеми исследователями факт присутствия мерзлоты в профиле рассматривается в качестве ведущего на высоком таксономическом уровне [9, 15, 23, 27, 30, 31, 33–35]. Так, ранее почвы с залеганием верхней границы ММП в пределах 1 м были отнесены к фации криогенных высокомерзлотных [15] или криоморфных [23], а почвы с залеганием ММП глубже 1 м относились к фации криогенных глубокомерзлотных [15] или к некриоморфным [23]. Напомним, что глубина 1 м рассматривается как элемент диагностики группы почв (Cryosols) в международной классификации – WRB [26] и в канадской классификации [32], а также в “Soil Taxonomy” для порядка Gelisols [29].

Функции ММП в формировании почвенного профиля и свойств почв многообразны. С точки зрения вещественного состава почв близкое к поверхности залегание многолетнемерзлого водупора ограничивает геохимический круговорот веществ в ландшафте профилем почвы. В пределах этого ограниченного объема происходит их вертикальное и латеральное перемещение, перераспределение продуктов почвообразования, легкорастворимых солей и влаги. Многими исследователями отмечалось надмерзлотное накопление различных веществ, в первую очередь, органических, например, явление ретинизации, отмечавшееся еще в 1960-х годах [4, 10, 17]. Многолетними исследованиями почв на Колымской низменности показана роль ММП в накоплении на мерзлотном барьере значительных объемов грубого органического вещества, на основании чего ранее было предложено выделить отдельный диагностический горизонт (CRO), располагающийся между гор. CR и поверхностью ММП [5, 8, 14].

Однако наиболее известными и яркими проявлениями криогенеза в почвенном профиле являются криотурбации, сортировка частиц твердой фазы, формирование нанорельефа поверхности. В этих условиях при осеннем промерзании и возникновении внутри нанополигонов высокого криостатического давления происходит прорыв и излияние на поверхность материала минеральных частей профилей, пятнообразование. Это определяет циклическое развитие почв с перестройкой их профилей: от лишенных поверхност-

ного органогенного горизонта почв (почв пятен) до полностью развитых криоземов [6].

Многолетнемерзлая порода обладает устойчивым положением верхней границы на момент максимального оттаивания в течение десятков — первых сотен лет, которая, однако, способна в той или иной степени изменяться под влиянием климатических флуктуаций. Оценка временных рамок положения этой границы базируется на сведениях о строении и свойствах ММП [24], а также на результатах почти 20-летних наблюдений за мощностью деятельного слоя ведущихся по международной программе CALM на десятках полигонов в зоне распространения ММП [25].

Глубина сезонного оттаивания почв (или мощность деятельного слоя), по мнению большинства исследователей, должна учитываться при диагностике мерзлотных почв. Следует заметить, что сходный критерий — наличие плотной слабовыветрелой скальной породы на глубине не более 30 см — служит основным диагностическим критерием как при выделении отдела литоземов [12, 20], так и Реферативной почвенной группы Leptosols (с глубиной залегания скальной породы до 25 см) в WRB [26].

В современной субстантивно-генетической классификации почв России [20], при характеристике почв отдела криоземов положение верхней границы многолетней мерзлоты не учитывается, тогда как в первом варианте к отделу криоземов были отнесены почвы с набором признаков криогенного почвообразования и “глубинами летнего протаивания 70–90 см” [11, с. 67].

В качестве ведущего признака криогенного почвообразования в настоящее время принимаются криотурбации органического и минерального материала в профиле, формирующие криогенный гор. CR, и почвы с этими признаками рассматриваются на уровне отдела криогенных почв, состоящего из нескольких типов криоземов [12, 20]. В почвах, формирующихся на ММП, но относящихся к другим отделам (глеевые, альфегумусовые и др.), проявление криогенеза также диагностируется преимущественно по наличию криотурбаций, но уже на подтиповом уровне, как “криотурбированные” подтипы. Вместе с тем в описании целого ряда подтипов (глееземы криотурбированные, криогенно-ожелезненные и др.) отмечено близкое положение верхней границы многолетней мерзлоты [20].

Изложенные соображения показывают необходимость учета глубины залегания верхней границы ММП в период максимального оттаивания следующим образом.

1. Предлагается ввести многолетнемерзлые породы, вне зависимости от генезиса и состава, в систему элементов классификации и обозначать индексом τC — то есть многолетнемерзлую (име-

ющую отрицательную температуру в течение двух и более лет подряд и сцементированную льдом) почвообразующую породу. Дополнительный индекс логично вписывается в ряд почвообразующих пород, обозначаемых как C, D, CLM, R, но названных в классификации не наилучшим образом (“некоторые обозначения...” [20, с. 74]). В случае “сухой мерзлоты” (крупнообломочный и песчаный грунт, имеющий отрицательную температуру, но не сцементированный льдом и не обладающий силами сцепления [3]), или для ММП, залегающих вне сферы почвообразования, предлагается использовать индекс τR или τD соответственно.

2. Особо следует уточнить использование индексов τ и \perp , недостаточно корректно применяемых в настоящее время в “Полевом определителе” [20]. В современной отечественной геокриологии [2] индекс τ обозначает мерзлые породы, а \perp — горизонт, располагающийся над кровлей ММП. Таким образом, ММП (“мерзлотный породный признак” [20, с. 73]) и криогенные черты в почвах различных отделов, то есть мерзлотные подтипы в отделах альфегумусовых, железисто-метаморфических и др., рекомендуется обозначать индексом τ . Имеющийся в классификации индекс \perp можно использовать при описании надмерзлотных горизонтов на момент проведения полевых исследований (например, $\perp G$).

3. Минеральные почвы, где диагностическим является криогенный гор. CR и профиль которых подвержен активным криотурбациям, пятнообразованию и нарушению строения горизонтов, а сфера почвообразования полностью ограничена глубиной деятельного слоя ММП и не превышает 1 м, предлагается выделять как криоземы, сохранив за ними соответствующий отдел Криоземы. В отношении названия отдела авторы поддерживают представления И.А. Соколова и О.В. Макеева, считавших термин “криогенные почвы” достаточно общим и неклассификационным.

4. Почвы с другими диагностическими горизонтами (например, глеевым, альфегумусовым, органо-аккумулятивным и др.) и/или с залеганием верхней границы многолетнемерзлых пород глубже 1 м рассматривать как мерзлотные подтипы почв соответствующих отделов классификации. В мерзлотных подтипах различных почв криогенные признаки, в частности криотурбации, могут отсутствовать или быть слабо выражены.

Нередко в зоне распространения ММП, особенно в областях с высокотемпературной или островной мерзлотой, в условиях климатических изменений, антропогенных воздействий или пожаров может происходить опускание границы многолетнемерзлых пород на глубину более 1 м. В этом случае исследуемые почвы также следует диагностировать как мерзлотные подтипы почв дру-

гих отделов классификации. Подобные явления, вызванные временной динамикой верхней границы мерзлоты, можно наблюдать в районе предтундровых редколесий или на севере таежной зоны, где сильные лесные пожары проходят с частотой 30–50 лет и оказывают значительное влияние, как на положение границы ММП, так и строение верхних почвенных горизонтов, а также гор. CR [18].

Диагностика криогенного гор. CR. Современное определение гор. CR, диагностического для криоземов, выглядит следующим образом [20, с. 49]:

“Представляет собой грязно-бурую или серовато-бурую не глеевую или слабо оглеенную, бесструктурную или слабо оструктуренную минеральную массу суглинистого гранулометрического состава. Горизонт залегает под органометрическим горизонтом и непосредственно над мерзлым грунтом. Как правило, он имеет признаки мерзлотных нарушений в виде вихревого рисунка минеральной массы и погребенных фрагментов органометрических горизонтов, часто приуроченных к надмерзлотной части профиля. Минеральная масса может быть насыщена измельченными растительными остатками, в том числе углистыми. Отсутствие ясно выраженного оглеения объясняется преобладанием окислительных условий при низких температурах”.

Критический анализ литературных материалов, обсуждение на сайте <http://soils.narod.ru> и собственные полевые наблюдения привели к мысли о необходимости дополнений и уточнений приведенного выше определения. Они связаны со следующими особенностями почвообразования в тундрах. Ограниченная мощность профилей криогенных почв, способствует не только сохранению в них влаги, образующейся при сезонном оттаивании, но и активному выделению текстурообразующего льда, криогенному массообмену (в том числе мерзлотной сортировке крупнозема), мерзлотному структурообразованию с дифференциацией структуры по глубине, вертикальному и латеральному перераспределению органического вещества, различных элементов и соединений, а также образованию сезонного мерзлотного микро- и нанорельефа дневной поверхности и поверхности ММП, что в комплексе формирует специфический криогенный гор. CR. На наш взгляд, эти явления были недостаточно учтены в диагностике горизонта, и авторами предлагается следующее определение:

“Криогенный горизонт CR, представляет собой криотурбированную грязно-бурую или серовато-бурую неглеевую или слабо оглеенную, слабо оструктуренную минеральную массу от суглинистого до песчаного гранулометрического состава. Часть вегетационного периода находится в мерзлом состоянии. При оттаивании характеризуется

переувлажнением, возможны признаки перераспределения соединений железа в форме узких полос или мелких пятен буровато-ржавых тонов окраски, часто на фоне сизовато-серой компактной почвенной массы, иногда обнаруживаются проявления тиксотропности. Может в значительном количестве содержать обломочный материал, с выраженной мерзлотной сортировкой. Залегает под органометрическим горизонтом или прямо с поверхности, непосредственно над многолетне-мерзлыми породами. Выражены мерзлотные нарушения в виде вихревого рисунка минеральной массы и/или погребенных фрагментов органометрических горизонтов. Минеральная масса может быть насыщена измельченными растительными остатками, в том числе углистыми. На дневной поверхности выражен криогенный микро- и нанорельеф (полигоны, трещины, солифлюкционные террасы, полосы, пятна или кольца крупнообломочного материала). Диагностирует почвы отдела криоземов”.

В настоящее время, выделяется лишь три типа криоземов на основании сочетания гор. CR с различными поверхностными органометрическими горизонтами: типичные с торфяно-подстильным горизонтом, грубогумусовые и торфяно-криоземы. Участники дискуссии высказали единодушное мнение, что имеющийся набор типов криоземов не в полной мере отражает разнообразие данных почв, и считают целесообразным в следующей редакции Классификации расширить список типов и подтипов криоземов. Так, ранее было предложено ввести тип криоземов надмерзлотно-органометрических с диагностическим гор. CRO, выделяемым по признаку обогащения грубым органическим материалом [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный обзор накопившихся в последние годы информации и он-лайн дискуссия показали значительные различия во взглядах исследователей северных почв, отражающие разные концепции, а также разнообразие почв в ареалах ММП и их динамичность во времени, в частности, зависимость результатов от момента наблюдения. Тем не менее, в процессе дискуссии удалось согласовать некоторые положения, в первую очередь в отношении необходимости учитывать глубину залегания ММП в период максимального оттаивания профилей. Таксономическим уровнем, на котором учтено это свойство, является уровень подтипа для почв разных отделов, например, глееземы мерзлотные, торфяно-подзолы мерзлотные [20].

Вопросы о введении в классификацию характеристик мерзлоты (льдистой, малольдистой или сухой, в разном скальном грунте), а также проявлений надмерзлотно-органометрической аккумуляции органического вещества, различных элементов и со-

единений заслуживают внимания. Такие сведения расширяют представления о почвах, фиксируемые в момент наблюдения, кроме того, они служат основанием для суждений о динамике явлений и прогноза изменений почв при антропогенных воздействиях и/или изменениях климата. Остается также открытым вопрос о классификационном положении криоземов с гор. CR в профиле, но с залеганием ММП глубже 1 м и возможном применении к ним подтипового признака глубокомёрзлотный, который формально является видовым.

Определение диагностического криогенного горизонта (CR) было уточнено с учетом накопившихся новых материалов и мнений участников дискуссии. Название отдела, объединяющего почвы с гор. CR, то есть почвы с максимально выраженными проявлениями криогенеза, предлагается сохранить как Криоземы, в котором типы выделяются по комбинациям гор. CR с органогенными. Предложение об объединении отделов криоземов и криометаморфических почв в единый отдел криогенных почв не получило поддержки, в том числе из-за недостатка фактического материала.

Авторы настоящей статьи призывают коллег поддержать обсуждение изложенных дискуссионных вопросов и предложить свое видение решения проблемы классификации и диагностики криоземов на основе обширных данных многолетних полевых исследований.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы статьи выражают искреннюю благодарность С.В. Горячкину, Д.Г. Фёдорову-Давыдову, Е.В. Абакумову, Г.В. Матышаку, О.Ю. Гончаровой, А.А. Бобрику, Б.А. Павлову, И.С. Михайлову, С.Ф. Хохлову, Д.А. Каверину, Е.В. Жангурову, А.А. Дымову и Р. Слеттену за обсуждение, критические замечания и ценные предложения, использованные при подготовке статьи.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Материалы подготовлены в рамках госзадания АААА-А18-118013190182-3 и АААА-А18-118013190181-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вторушин В.А.* Автоморфные почвы горной тайги центральной части южного Забайкалья и их режимы. Автореф. дис. канд. биол. наук. Иркутск, 1973. 27 с.
2. Геокриологический словарь / Под ред. Дубикова Г.И. и др. М.: ГЕОС, 2003.
3. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.
4. *Губин С.В.* Динамика верхней границы многолетней мерзлоты и проблемы ретинизации гумуса в тундровых почвах Северо-Востока России // Проблемы эволюции почв. Пущино, 2003. С. 168–172.
5. *Губин С.В., Лупачев А.В.* Почвообразование и подстилающая мерзлота // Почвоведение. 2008. № 6. С. 655–667.
6. *Губин С.В., Лупачев А.В.* Почвы суглинистых водоразделов приморских тундр Севера Якутии: условия и процессы формирования // Почвоведение. 2017. № 2. С. 147–157. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17020046>
7. *Губин С.В., Лупачев А.В.* Роль пятнообразования в формировании и развитии криоземов приморских низменностей севера Якутии // Почвоведение. 2017. № 11. С. 1283–1295. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17110077>
8. *Губин С.В., Лупачев А.В.* Надмерзлотные горизонты аккумуляции грубого органического вещества в криоземах тундр Севера Якутии: генезис, диагностические признаки и свойства, проблемы классификации // Почвоведение. 2018. № 7. С. 1–11. <https://doi.org/10.1134/S0032180X18070043>
9. *Иванова Е.Н.* Классификация почв СССР. М.: Наука, 1976. 227 с.
10. *Караваева Н.А., Таргульян В.О.* Об особенностях распределения гумуса в тундровых почвах Северной Якутии // Почвоведение. 1960. № 12. С. 36–45.
11. Классификация почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1997. 236 с.
12. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
13. *Ливеровский Ю.А.* Почвы Крайнего Севера и некоторые вопросы их генезиса и классификации // Почвоведение. 1983. № 5. С. 5–15.
14. *Лупачев А.В., Губин С.В.* Органогенные надмерзлотно-аккумулятивные горизонты криоземов тундр Севера Якутии // Почвоведение. 2012. № 1. С. 57–68.
15. *Макеев О.В.* Фации почвенного криогенеза и особенности организации в них почвенных профилей. М.: Наука, 1981. 87 с.
16. *Макеев О.В.* Почва, мерзлота, криопедология // Почвоведение. 1999. № 8. С. 947–957.
17. *Мергелов Н.С., Таргульян В.О.* Процессы накопления органического вещества в минеральной толще мерзлотных почв приморских низменностей Восточной Сибири // Почвоведение. 2011. № 3. С. 275–287.
18. *Мергелов Н.С.* Постпирогенная трансформация почв и запасов почвенного углерода в предтундровых редколесьях Колымской низменности: каскадный эффект и обратные связи // Известия РАН. Сер. географическая. 2015. № 3. С. 129–140.
19. *Науомов Е.М.* Главные типы генетических почвенных профилей и особенности почвенного покрова таежной зоны Крайнего Северо-Востока Азии // Мат-лы Всес. симп. “Биологические проблемы Севера”. Магадан, 1973. Ч. 1. С. 48–55.
20. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
21. *Соколов И.А.* Гидроморфное неглеевое почвообразование // Почвоведение. 1980. № 1. С. 21–32.

22. Соколов И.А. О разнообразии форм гидроморфного неглеевого почвообразования // Почвоведение. 1980. № 2. С. 5–18.
23. Соколов И.А. Почвообразование и экзогенез. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1997. 244 с.
24. Шур Ю.Л. Верхний горизонт толщи мерзлых пород и термокарст. Новосибирск: Наука, 1988. 212 с.
25. CALM Summary Data Table. <https://www2.gwu.edu/~calm/data/north.html>
26. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
27. Jones A., Stolbovov V., Tarnocai C., Broll G., Spaargaren O., Montanarella L. Soil Atlas of the Northern Circumpolar Region, European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010. 144 p.
28. Lupachev A.V., Gerasimova M.I., Goryachkin S.V., Gubin S.V., Fyodorov-Davydov D.G., Fominykh L.A., Matyshak G.V., Goncharova O.Yu., Bobrik A.A., Startsev V.V., Zhangurov E.V., Dymov A.A., Kaverin D.A., Mikhailov I.S., Khokhlov S.F., Abakumov E.V. Classification of cryogenic soils in the current Russian soil classification system: results of online discussion // Int. Conf. "Earth's Cryosphere: Past, Present and Future" Pushchino, Russia, June 4–8, 2017. Book of abstracts. P. 163–165.
29. Keys to Soil Taxonomy. By Soil Survey Staff. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Twelfth Edition, 2014.
30. Ping C.L., Bockheim J.G., Kimble J.M., Michaelson G.J., Walker D.A. Characteristics of cryogenic soils along a latitudinal transect in arctic Alaska // J. Geophys. Res. 1998. V. 103. P. 28917–28928. <https://doi.org/10.1029/98JD02024>
31. Ping C.L., Jastrow J.D., Jorgenson M.T., Michaelson G.J., Shur Y.L. Permafrost soils and carbon cycling // Soil. 2015. V. 1. P. 147–171. <https://doi.org/10.5194/soil-1-147-2015>
32. Soil Classification Working Group. 1998. The Canadian System of Soil Classification. Agric. and Agri-Food Can. Publ. 1646 (Revised). 187 p.
33. Tarnocai C., Smith C.A.S. The formation and properties of soils in the permafrost region of Canada // The effects of cryogenesis on the processes and peculiarities of soil formation. Proceedings of the 1st International Conference on Cryopedology. Pushchino, 1992. P. 21–42.
34. Tarnocai C., Canadell J.G., Schuur E.A.G., Kuhry P., Mazhitova G., Zimov S.A. Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. // Global Biogeochem. Cy. 2009. V. 23. GB2023. <https://doi.org/10.1029/2008GB003327>
35. Tedrow J.C.F. Soils of the polar landscapes. New Brunswick: Rutgers Univ. Press., 1974. 638 p.

Diagnostics of Cryogenic Soils in the Classification System of Russian Soils

A. V. Lupachev^{1, #}, S. V. Gubin¹, and M. I. Gerasimova²

¹*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, Russian Academy of Sciences, Institutskaya ul., 2, Pushchino, Moscow oblast, 142290 Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory 1, Moscow, 119991 Russia*

[#]*e-mail: a.lupachev@gmail.com*

The paper is targeted at positioning the cryogenic soils in the recent classification system of Russian soils. An on-line discussion and recent publications demonstrated significant differences in conceptual approaches to cryogenic soils, as well as their unaccounted diversity and their dynamics in time (e.g., during the thawing period) that create problems for their classification. Diagnostic properties of cryogenic horizon and the depth of the active layer were in the center of the discussion. The possible changes in the list of soil types and subtypes are proposed for the next approximation of the Russian soil classification system. The *Cryozem* order is proposed for the soils with the cryogenic diagnostic horizon (CR) and the maximum active layer depth of 1 m and less. Soils with other diagnostic horizons and with the active layer depth of more than 1 m should be accounted as permafrost-affected soils within the other orders of the soil classification system. Authors invite colleagues to further discussion with the aim to establish standard classification criteria for cryogenic soils.

Keywords: soil diagnostics, Cryozem, Cryosol, cryogenic diagnostic horizon, permafrost